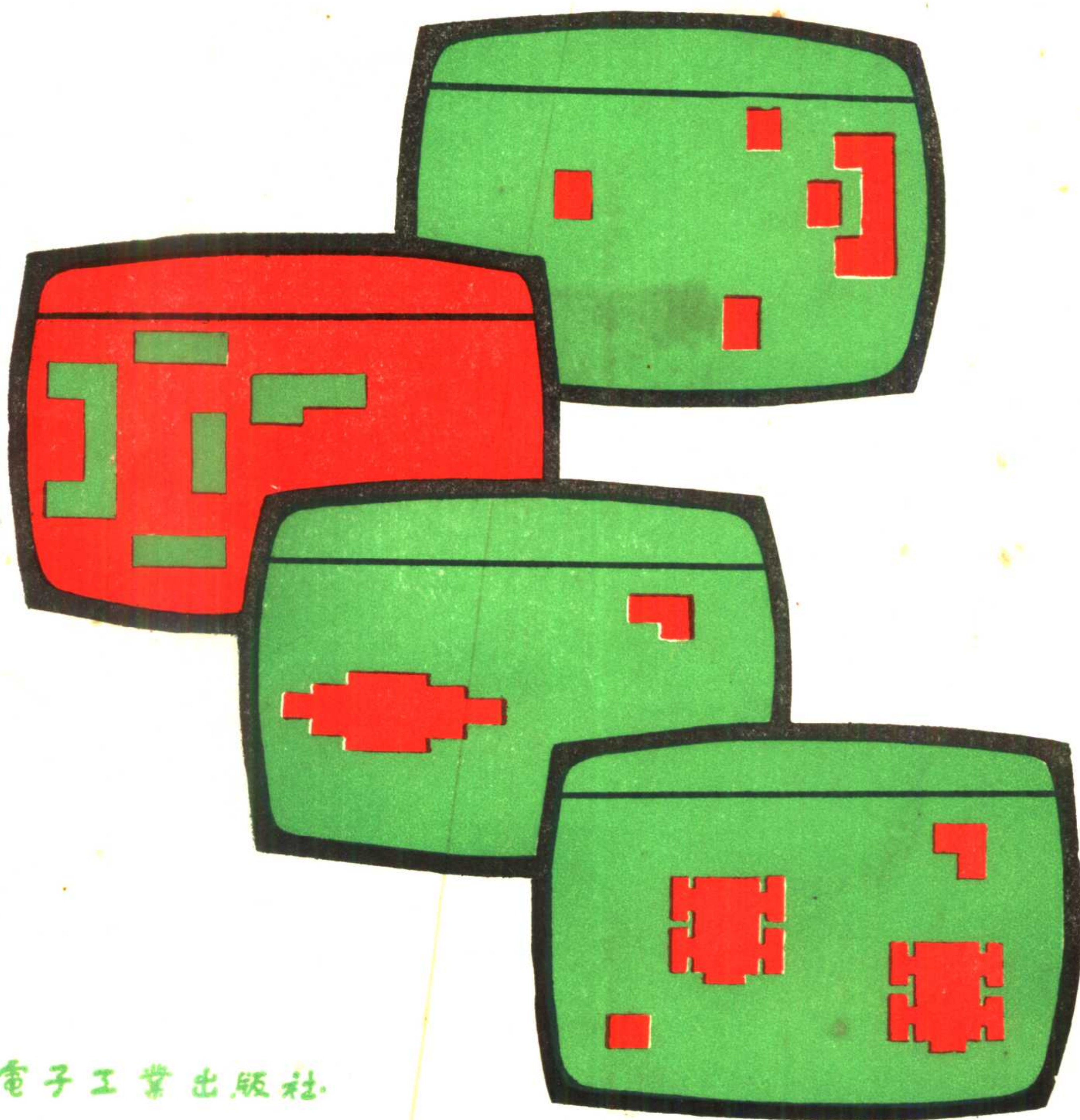
电视游戏机的业余制作

宁汉林等 编译
朱德懋 校



電子工業出版社

·2

电视游戏机的业余制作

宁汉林　陆　林　林美平　编译

朱德懋　审校

電子工業出版社

内容提要

本书是一本专门介绍现代电子游戏机的书。它细详的叙述了电视游戏机的基本原理和制作方法。内容包括固定和活动游戏图象的产生和显示、复杂游戏图象的旋转和回弹、游戏记分记时电路及音响效果。书内提供了大量的实际游戏系统和电路给读者制作练习，所选用的TTL集成电路，都是市场上能够买到的，有利于读者设计与制作。

本书可供广大业余无线电爱好者，大、中学生，从事电子游戏机生产、维修的工程技术人员和工人阅读。

电视游戏机的业余制作

宁汉林　陆林　林美平　编译

朱德懋　审校

责任编辑　王柱曾

*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

北京市顺义县赵全营燕京印刷厂

*

开本：850×1168毫米1/32　印张：15.375　字数：412千字

1987年8月第一版　1987年8月第一次印刷

印数：1/8,000册　　定价：3.65元

统一书号：15290·486

前　　言

自古以来，游戏就是人类生活，特别是青少年生活不可缺少的一部分，它随着科学技术的发展而发展，是人类文明标志之一。

二十世纪七十年代，由于电子技术和彩色电视技术的发展，世界上出现了电子、电视游戏机，游戏内容丰富多采，形象逼真，变化无穷，趣味性远远超过了传统的玩具，吸引了广大的青少年和成年人。在很短的时间内，就风靡全球，成为最时尚的娱乐器具和开发智力的工具。

我国已有不少书籍介绍了电视和微处理机，但是介绍电视游戏机的书为数极少，为适应广大业余爱好者利用电视机自己动手制作游戏机，我们根据（美国）D.L.赫斯曼所著的《如何设计和制作电视游戏机》一书编译了这本书。

本书详细地叙述了电视游戏机的基本原理和制作方法，内容包括电视的基本知识，固定和活动游戏图象的产生和显示，复杂游戏图象的旋转和回弹，以及游戏记分记时和音响电路等。

本书的特点是从浅到深，逐步地引导读者如何设计和制作游戏机。书内有许多完整的实际电视游戏机电路，供读者制作练习。我们的意图是想通过本书，来启发读者的想象力和创造性，并把它应用到游戏机的设计和制作上。如果读者能做到融会贯通，就可以设计和制作适合自已爱好的电视游戏。

业余爱好者很容易从市场上选购到各种电子元器件，其中包括模拟和数字的集成电路，例如三端稳压电源、CMOS集成电路和TTL集成电路，尤其是TTL集成电路的品种齐全，价格低廉，业余爱好者都具备购买条件，所以，本书收集的各种游戏机

电路，一律采用TTL集成电路，这对读者来说是十分有利的。

对没有数字电路知识的初学者来说，阅读本书前面几章的困难不会很大。但随着工作的进展，读者需要补充学习基本的数字电路，这时候需要阅读参考书。若将阅读所获得的知识，应用到电视游戏机的制作上，这就是一种较好的学习方法。

本书在编译中，为了叙述的方便，采用了一些英文缩写词，读者可参阅附录Ⅲ的缩写词。

本书的编译出版应该感谢电子工业部通讯广播电视工业管理局隋经义总工程师，他亲自向出版社写了推荐书，给了我们很大的鼓励。朱德懋同志审校了全书，提出了很多宝贵的意见，在此表示感谢。

由于我们的水平所限，书内缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编译者　　1986年6月

目　录

第一章　电视机与电视游戏机……………………………………(1)
电视光栅——基本的电视游戏机系统——怎样运用本书知识——装配游戏机系统

第二章　原始信号单元……………………………………………(8)
原始信号单元的组成——电源——行信号源板——场信号源和复合视频信号板——射频调制器——机械结构上应该考虑的一些问题

第三章　固定图形的产生…………………………………………(25)
直接由计数信号产生线和条——线/条调试板——产生相隔较远的平行线和条——产生矩形——在屏幕上合成固定图形——一些有趣图形的建立

第四章　建立复杂的固定图形……………………………………(60)
复杂图形调试板——地址矩阵概念——32方格矩阵发生器的工作——64方格矩阵发生器的工作——增加屏幕上相同图形的数量

第五章　建立受控运动图形的电路………………………………(114)
受控运动图形调整板——游戏者控制的简单运动——追逐游戏——给游戏者控制器加"惯性"——复杂图形的手动控制——图形自动运动

第六章　若干实用游戏控制电路…………………………………(153)
游戏的启动和复位控制——图形接触检测电路——图形运动初始化控制——一个基本的导弹攻击游戏——初始位置、速度和方向，三个变量的编程——跟踪性质

第七章　战争游戏…………………………………………………(196)

第八章　可编程的位置和运动控制……………………………(265)
可编程的图形位置控制——通用位置编程器——九穴高尔夫球——伏击游戏——突击队员攻击游戏
第九章　记分和记时……………………………………………(334)
数字的产生——数字发生器电路——记分电路——记时电路——现有游戏机记分和记时电路的装设
第十章　图形回弹效果…………………………………………(368)
灵活的回弹控制系统——弹子球游戏
第十一章　复杂图形的活动与旋转……………………………(400)
图形的活动——图形的旋转——图形旋转和越过屏幕的运动相结合
第十二章　音响效果……………………………………………(442)
场计数信号产生的音响——不用场计数信号源产生声音
附录Ⅰ　二进制输出……………………………………………(451)
附录Ⅱ　数字集成电路…………………………………………(453)
附录Ⅲ　缩写词…………………………………………………(476)
导弹攻击Ⅱ——鱼雷攻击游戏——空中激战游戏

第一章　电视机与电视游戏机

电视机的普及在国外已有25年的历史，然而最流行的电视游戏机的发明是近十几年的事。看起来在发展电视技术的初期，就可能发明电视游戏机，但是却并没有这样，为什么呢？因为过去发展游戏机成本太高，人们望而生畏，只有到现在才成为可能。

本章叙述电视机和电视游戏机的基本原理，简要说明现代的电视游戏机怎样接入一般的电视接收机。如果对这些没有基本的了解，我们就不可能设计流行的电视游戏机，虽然你可以照搬书上一些具体的游戏机电路，但是对整个系统的工作不了解，那就失去了买书学习的意义了。

电视光栅

简单的说，电视光栅就是在电视机荧光屏上可以看见的细水平线组成的图形，不管电视机是否调到某个电视台，它都产生光栅。光栅是由电视机内部自身产生的。

如图1-1（a）示：光栅在荧光屏上扫描而成，一次一条水平线，从左上角开始向右下角移动，每一条水平线都从左到右。电子束到右边后，首先消隐，然后回到左边，开始下一次扫描，当行扫描到达右下角时，电子束消隐，返回到屏幕顶端，又开始下一帧新的扫描。

荧光屏上光栅的一系列直线，是由两种不同的扫描产生的。相对快的行扫描和相对慢的场扫描结合在一起，行扫描使电子束从左向右移动，场扫描使每条线略低于前一条线。

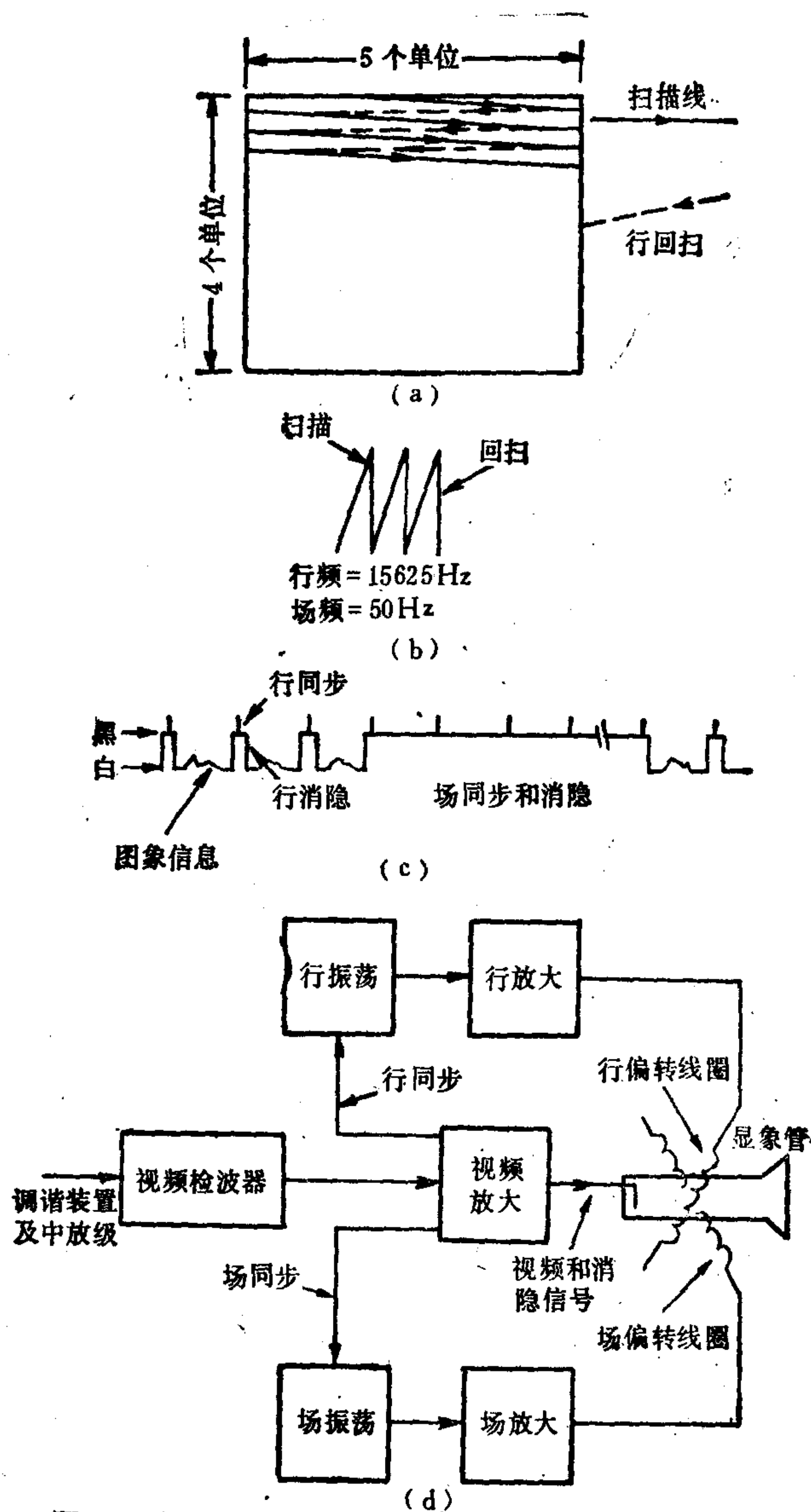


图1-1 产生电视光栅 (a)呈现在荧光屏上的基本光栅
(b)行和场光栅扫描的锯齿波特性 (c)复合视频信号波形
(d)电视机中与电视游戏机有关的方框图

图1-1（b）所示是用于行扫描和场扫描的锯齿波。当锯齿波的电平随着时间升高时，电子束在屏幕上也相应地按比例移动，在扫描电路中，需要两个这样的波形，一个用于行扫描，另一个用于场扫描。

行和场的锯齿波不同之处，仅在于它们的频率。行锯齿波的频率为15625Hz，而场锯齿波的频率大约50Hz左右，从这些图形中我们可以推算出，每一场约有312.5根行扫描线，电视电路采用了隔行扫描技术，即在一帧里有两次完整的场扫描。

帧频为25Hz，每一帧有625行（其中312.5行在第一场，另外的312.5行在隔行扫描第二场）。

本书中的电视游戏机电路，没有使用隔行扫描技术。因此我们涉及的图形都是行频为15625Hz,场频为50Hz。

行、场锯齿波都是由接收机内部的行、场振荡器产生，当电视机接收电视台或电视游戏系统的信号时，为了使图像稳定，振荡器必须同步，当输入视频信号失去同步控制时，会使图像垂直滚动或水平撕裂。

图1-1（c）是电视台发射的典型视频信号。行同步脉冲叠加在行消隐脉冲上面，由于行扫描的次数远比场扫描的多，故行同步和行消隐脉冲在复合视频信号中占主要地位。

在图1-1（c）中宽的场同步和消隐脉冲上面载有行同步脉冲，在相对比较长的场回描时间内需要保持行同步，如果在此期间不能保持行同步，图象就会在屏幕左上角失步，而且电子束到达之处不再消隐。

图1-1（d）所示的方框图是电视接收机中与电视游戏机有关的部分。行和场同步脉冲从视频放大器中取出，用于同步各自的锯齿波振荡器，锯齿波经过放大后加在显象管颈部的线圈上，它们产生的电磁场确定电子束的位置。

实际的图象信息和消隐信号，加在显像管的阴极去调制电子束的亮度。消隐脉冲具有的极性使电子束完全截止。较低的电压

产生不同的灰白度，参看图1-1（c）中复合视频波形，“黑”色电平接近顶部，而“白”色电平接近底部。

行消隐脉冲之间的图像信息，产生灰色的阴影，电平越低，屏幕上的点越白。

本书对电视系统没有全面地介绍，只涉及到一些与电视游戏机工作有关的原理。读者需要详细了解电视系统的话，请参阅有关的电视教科书。

基本的电视游戏机系统

电视游戏系统的整个目的，就是在屏幕上产生具有各种形状和运动的图象，它们是根据具体的游戏方案设计的，而这些图象必须在电视系统中产生，这意味着在游戏系统中要有行场同步、消隐信号和游戏图象信息。

实际情况表明游戏系统在任何时刻，都必须受到同步脉冲的控制。因此具有精确可靠的同步脉冲源十分重要，这不仅是操作游戏的需要，而且是在电视屏幕上控制电子束的需要。

游戏机系统由晶体振荡器进行同步，在这种具体情况下，振荡器的工作频率为14MHz。来自振荡器的14MHz脉冲经过9位二进制计数器后获得进同步所需的15625Hz脉冲。计数期间，行计数电路产生不同的二进制码图形。它指示出电子束在屏幕上的水平位置。请参看图1－2。

行计数电路的15625Hz的输出，使另外一个9位二进制计数器——场计数电路——计数。它产生所需要的50Hz场同步脉冲，与此同时也产生9位二进制码，指示出电子束在屏幕上的垂直位置。

这就是说，电视游戏机系统总是精确地识别电子束在显象管屏幕上的位置。一对二进制数码表示的坐标位置与一般绘图用的x、y坐标相似。

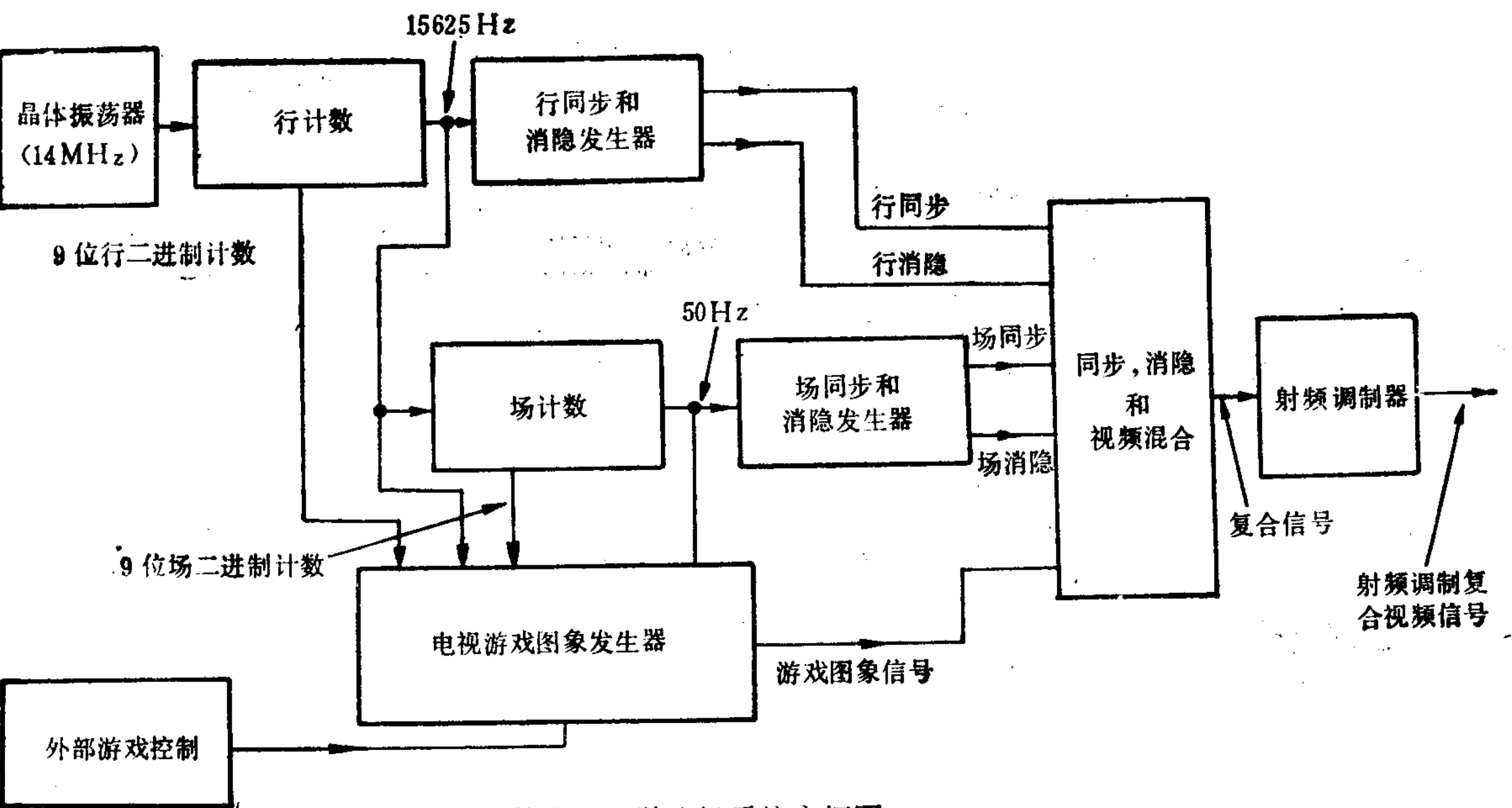


图1-2　基本电视游戏机系统方框图

由于游戏系统在任何时刻都知道电子束位于何处，因而有可能在屏幕上产生成象的白色或黑色视频电平。

图1-2上的同步脉冲、消隐脉冲和游戏图象信息组成 复 合视频信号。剩下唯一的一步就是把信号调制在射频载波上，它通过电视机的调谐器送入。如果复合信号直接加在电视机的视频放大器上，就可以从系统中省掉射频调制器，这就要在电视电路上做一些拆卸工作，而许多人不能或不愿意去做。

就本书而言图1-2方框图的基本部分对每一种游 戏 都完全一样，仅仅是游戏图象发生器和外部游戏控制器有所变化。大部分的电路都装在一个叫信号源单元的固定组件里。这一专门部分将在第二章中进行详尽的阐述。本书的其余部分将叙述游戏机的实验和范例，并指导游戏图象产生器，外部游戏控制器以及插入标准信号源的部件的设计。

怎样运用本书知识

本书通过一系列实验、范例、提示，指导电视游戏机的爱好者们设计出游戏机来。内容由浅入深，逐步介绍。假如不按顺序从中间开始学习的话，必将遇到许多困难，因为每一章的内容都是相互衔接的，并假定读者对前面的内容有了理解，才叙述后面的内容。

逐步掌握系统的理论，最好自己动手完成本书中所建议的实验。取得经验是设计游戏机的关键，而取得这种经验的唯一途径就是按本书所建议的去做。

本书开列出的元器件，都可以在商店买到。

装配游戏机系统

本书没有对游戏机的最后组装进行说明，它留给实验者发自己的智慧，巧妙地进行装配，这样，就不会让现有游戏机来限制人们的想象力和兴趣。

当然，这样做会给初学者增加一些额外负担，然而，还有比实验更好的学习方法吗？

第二章 原始信号单元

这里叙述的原始信号单元，包括了本书将要介绍的所有电视游戏机中通用的那部分电路。它是游戏机和电视接收机之间的接口电路，例如：原始信号单元产生同步和消隐信号，使光栅和游戏机同步工作。如果先不制作这部分电路，并且很好的掌握它，读者就不可能真正地了解以后各章中所要讨论的种种电路。

本章除了叙述电路的工作原理和介绍它的细节外，还要在制作技巧上给予某些具体的帮助，以及告诉读者如何调试这部分电路。

图2-1方框图表示原始信号单元所包括的各个基本电路。对于掌握了第一章内容的人来说，每一方块的用途是十分清楚的。至于每一方框详细的作用和原理，要在下面各部分中作进一步介绍，同时在适当的地方插入一些制作技巧方面的常识。

原始信号单元的组成

原始信号单元由以下10个基本电路组成。

1．电源——电源向原始信号单元所有的线路、插入式游戏机模块和各种调试板供给直流电压。值得注意的是除了供给射频调制器是1.5伏干电池外，其它直流电源都取自标准的220伏50赫交流电。

2．7MHz振荡器——这是整个电视游戏机的主时钟振荡器。为了获得最好的效果，应该用一个14MHz晶控振荡器，经双稳触发器二分频，获得波形良好的7MHz**行时钟**（HCLK）。

3．行计数器——行计数器产生一个9位的二进制码，它把屏

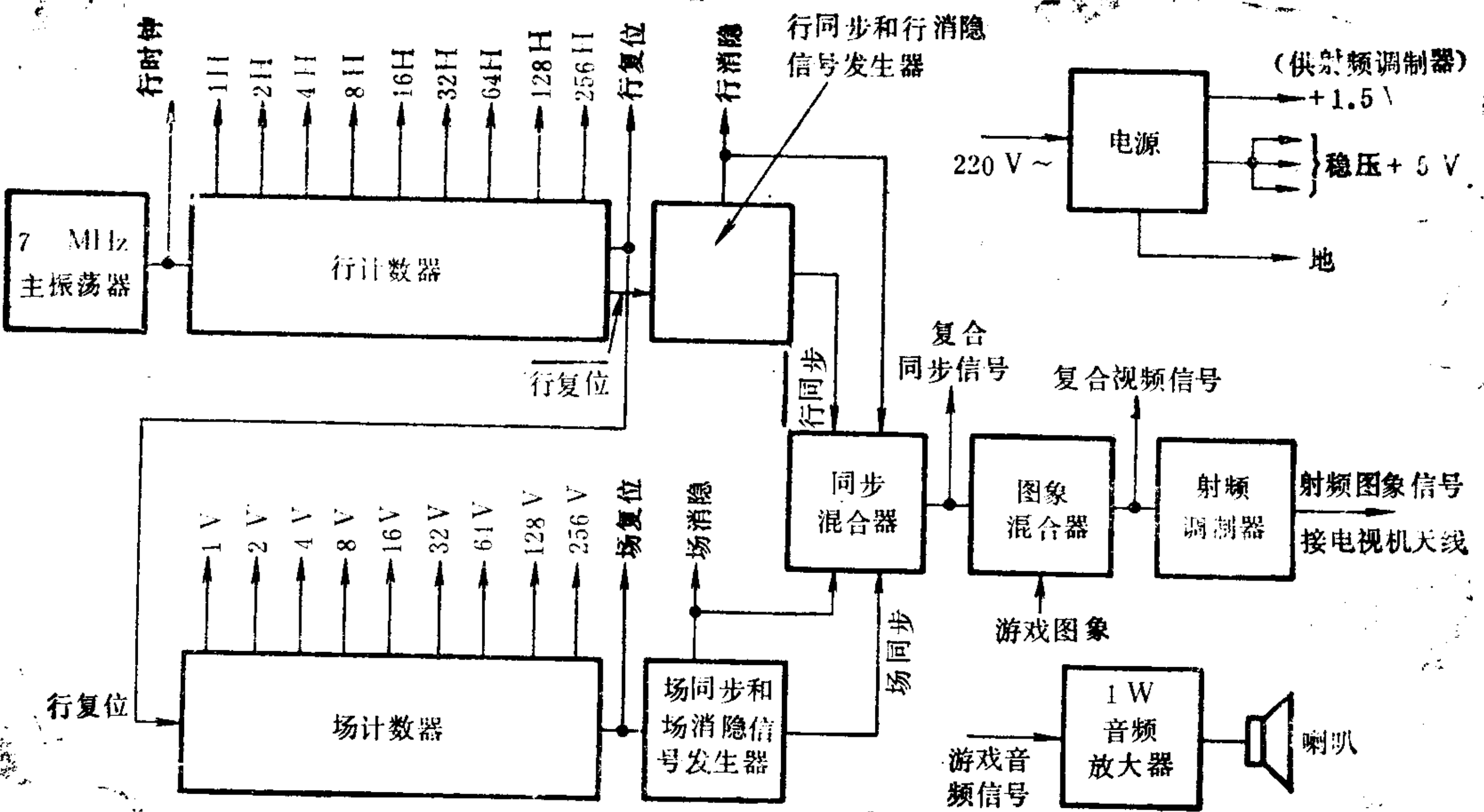


图2-1 原始信号单元方框图

幕在水平方向等分成455份，这样一来屏幕上的每一根行扫描线都被分为455个断续的线段，每一段代表行图象信息的一个点。

二进制计数器的9位输出用1H、2H、4H、8H等，直到256H分别表示。1H为最低位(最高频率)输出，256H为最高位输出。

行计数器还产生一个**行复位**（HRST）脉冲，使场计数器同步，也使一些游戏电路同步工作。这个正向的**行复位**脉冲的反相波形用**$\overline{行复位}$**表示，用它产生行同步脉冲。

4.行同步和消隐脉冲发生器——来自行计数器的反相**$\overline{行复位}$**脉冲，在原始信号单元中转换成行同步和消隐脉冲。**行同步**脉冲(HSYNC)触发电子束的行回扫。**行消隐**脉冲(HBLANK)用于消除电视屏幕上的回扫线以及作为电视游戏机的一种控制信号。

5.场计数器——场计数器几乎完全与行计数器一样，它也产生9位二进制码，把电视机光栅在垂直方向等分成312份，一般地说这部分电路提供了图象在垂直方向的信息。

象行计数器一样，9个输出端分别以1V至256V来表示，1V为最低位。这个电路也产生一个**场复位**（VRST）脉冲，用于场同步和场消隐信号发生器以及某些游戏电路。

6.场同步和消隐脉冲发生器——这部分电路产生场同步和消隐脉冲。场同步脉冲主要用以触发电子束的场回描，**场消隐脉冲**(VBLANK)则用以消除场回扫线，以及作为游戏电路一种控制信号。

7.同步信号混合器——同步信号混合器把行和场同步脉冲及消隐脉冲组合起来，成为复合同步信号。这个信号基本上与电视台的同步信号一样。然而，有一个主要的区别是电视游戏机无需隔行扫描，因为它不要求那么高的图象分辨率。

8.视频信号混合器——视频信号混合器把同步和消隐脉冲以及游戏图象信号组合在一起，从而形成一个完整的复合视频信号。

9.射频调制器——射频调制器以电视机2.3.4频道的射频频率对复合视频信号进行调幅。从而使游戏机可以与电视机的VHF

天线连接，但必须断开外接天线。

10.音频放大器——电视游戏的音频信号不通过电视复合信号经电视机的伴音电路产生。电视游戏的音响效果来自游戏机电路本身。音频信号在原始信号单元中放大，用一个小扬声器放音。

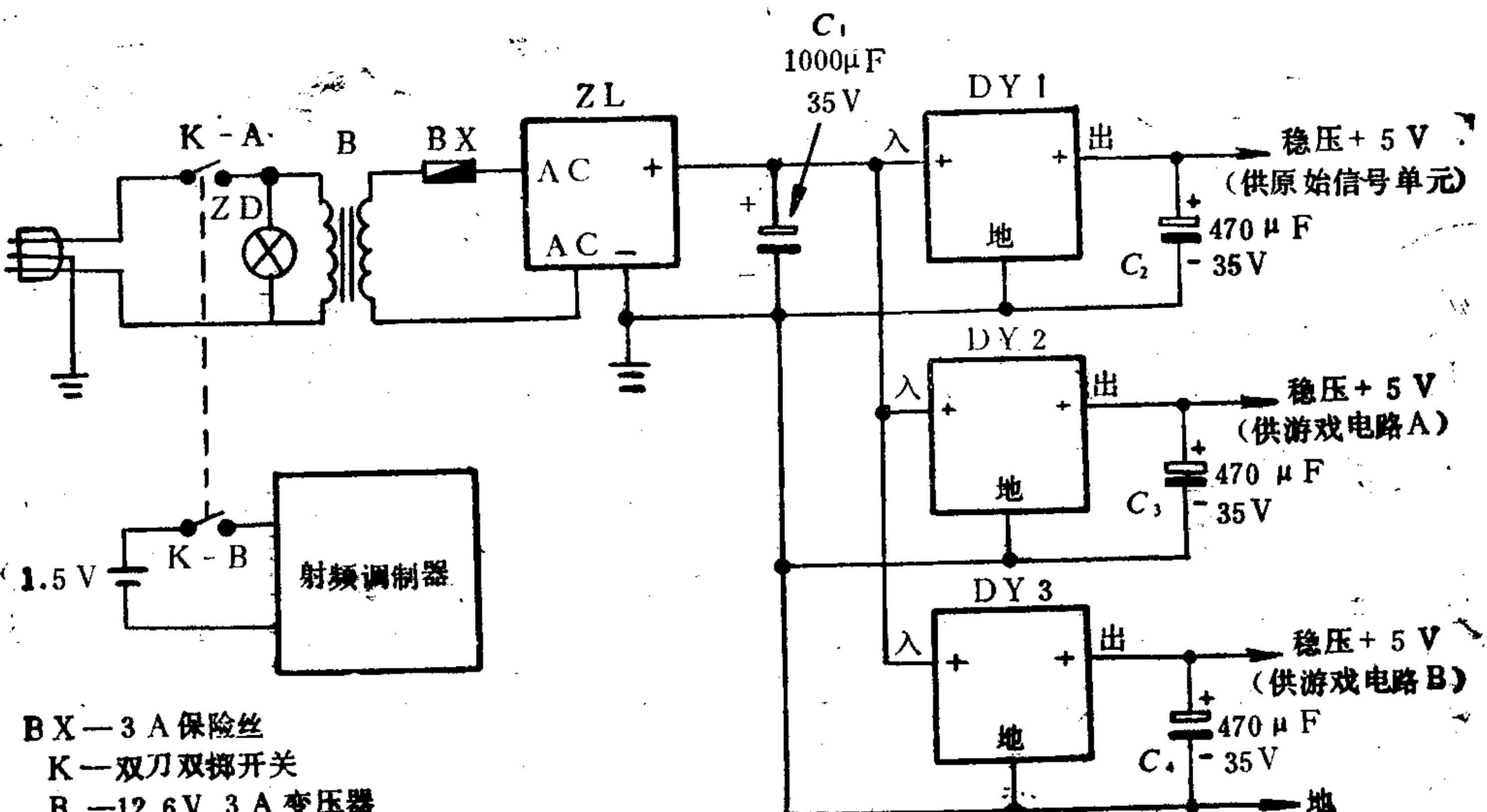
电　源

图2-2所示是常用的集成电路稳压电源，供给原始信号单元和外部游戏电路使用。变压器B的原边为来自电网的交流220伏。付边大约为交流12.6伏。BX为保险丝。12.6伏交流电压经过全波桥式整流组件ZL变成直流，再由C_1滤波，然后加到三个＋5伏1安的集成稳压电路上。DY_1输出5伏直流稳压电压，供给原始信号单元和音频放大器，它还可以接到外部，供给功率较小的线路使用。

DY_2和DY_3的稳压输出只供给外部游戏电路和调试板使用。本书以后要介绍的某些复杂的电视游戏机，三个稳压电源都会用上，并达到他们的最大容量1安。任何一个爱好者希望设计精巧游戏机的话，都应该再单独制作一个5伏稳压电源，提供1安或2安电流。

下面要详细叙述的射频调制器使用独立的1.5伏干电池作为电源，这样可以得到清晰、无纹波的调制视频信号。为了方便，供给射频调制器用的干电池和供给5伏电源的220伏交流电使用同一个双向开关K控制。电源线从原始信号盒后面引出，用塑料套保护，防止缘绝破坏，开关与电源变压器之间连接线也不要拉得太紧。开关K应安装在原始信号盒前面板合适的地方，最好放在电源指示氖灯下面。

电源变压器B安装在原始信号盒里面的底板上。整流器组件、保险丝和保险丝座、四个滤波电容可以安装在铆钉板或印刷板上。然后把这块紧凑的电源板安装在电源变压器附近，使用绝缘的线卡子，防止导线和原始信号盒外壳产生短路的任何可能。



BX—3A保险丝
K—双刀双掷开关
B—12.6V 3A变压器
ZD—6.3V指示灯
ZL—50V 6A全波桥式整流器
DY1、2、3—5V，1A三端稳压电源

图2-2 电源示意图

5伏稳压电源组件通电一定时间后，温度会升高。为了避免由于过热造成损坏，最好把它们直接安装在原始信号盒金属外壳的里侧，或对每一个组件附加一块散热片。请参看图2-3所示散热片的尺寸。爱好者可以利用合适的铝板，自已动手制作。

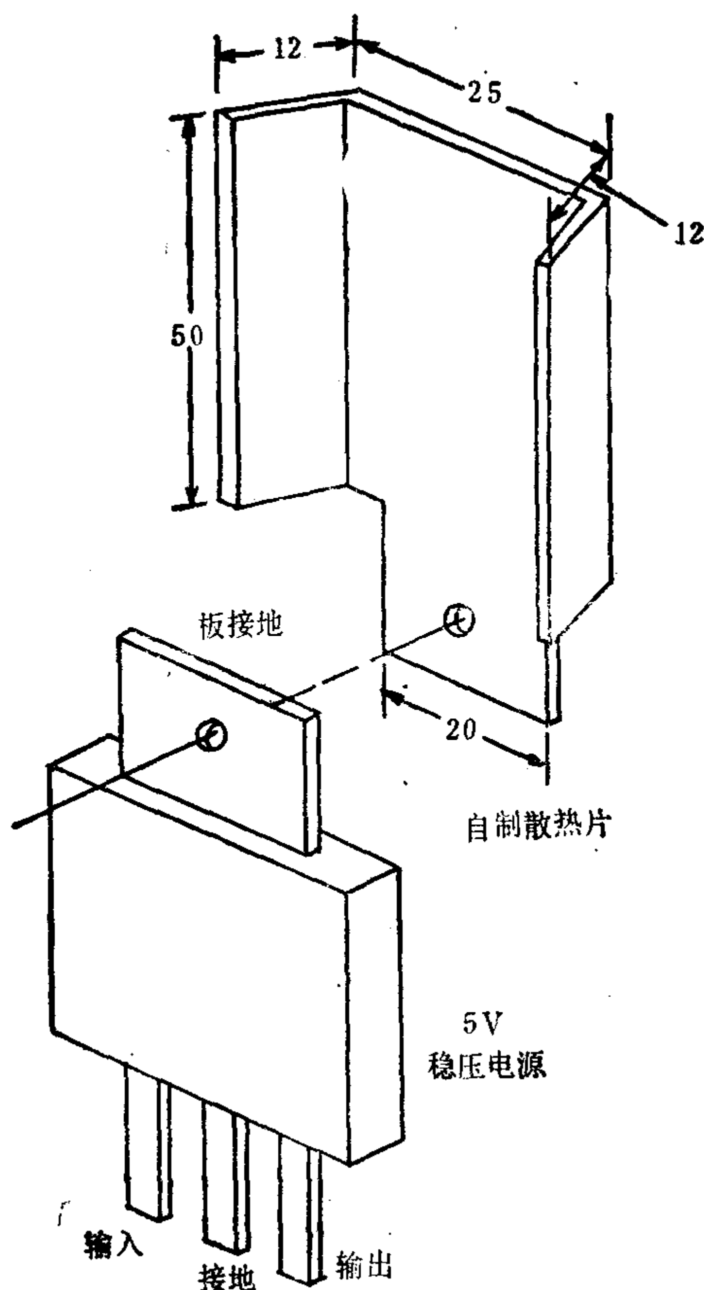


图2-3　推荐的稳压电源散热片

行信号源板

图2-4是产生有关行的计数、同步、消隐和复位脉冲等信号

的总电路图。音频放大集成电路也在这块电路板上。这并不说明音频信号是行信号的一部分，而是因为在其它板上没有空余的地方能安放它。

整个电路可以安装在44脚100×100毫米印制板上。本书介绍的其它电路都可安装在这样的板上，并插入相应的印制板插座。图2-4中括号里的数字是印制板插脚号。

行信号源的核心实际上也是整个电视游戏机的核心，就是14MHz振荡器。它由约为14MHz的晶体和TTL反相器IC7-A和IC7-B组成。晶体的频率应尽可能接近14.3MHz，但是允许有2%的变化范围。

虽然振荡器由数字电路组成，但是IC7-A和IC7-C的输出波形在示波器上观察，近似为正弦波。J-K触发器IC1-A一方面把振荡器和其它的电路隔开，另一方面把14.3MHz二分频，这样，IC1-A的输出就是一个接近于7.15MHz频率的准正弦波，成为**行时钟**信号。

IC2、IC3和IC1-B组成9位行计数器。IC2和IC3是一般的4位二进制加法计数器。依次级联组成八位二进制计数器。J-K触发器CI1-B构成第九位。请注意：这些计数器的输出符号为1H至256H，它们将在本书中频繁出现。

9位行计数信号直接作为输出，而且从中选取5位送到8输入与非门IC4的输入端。这样做的目的是要把行计数器的计数范围限制在455个**行时钟**脉冲之间。如果没有这个复位电路，9位计数器会呈现511种状态。

复位电路能从IC4读出第454个计数，这时候IC5A的D端输入一个负向脉冲。IC5A是一个边沿D触发器，不论什么时刻，只要出现**时钟**的上升沿，Q输出端就会与D输入端的逻辑电平取得一致，这种情况下IC5-A由**行时钟**脉冲同步。所以当行计数器输出少于454，IC5-A的Q输出端就保持逻辑电平1。同时，反相输出端$\overline{Q}$保持逻辑电平0。

635038

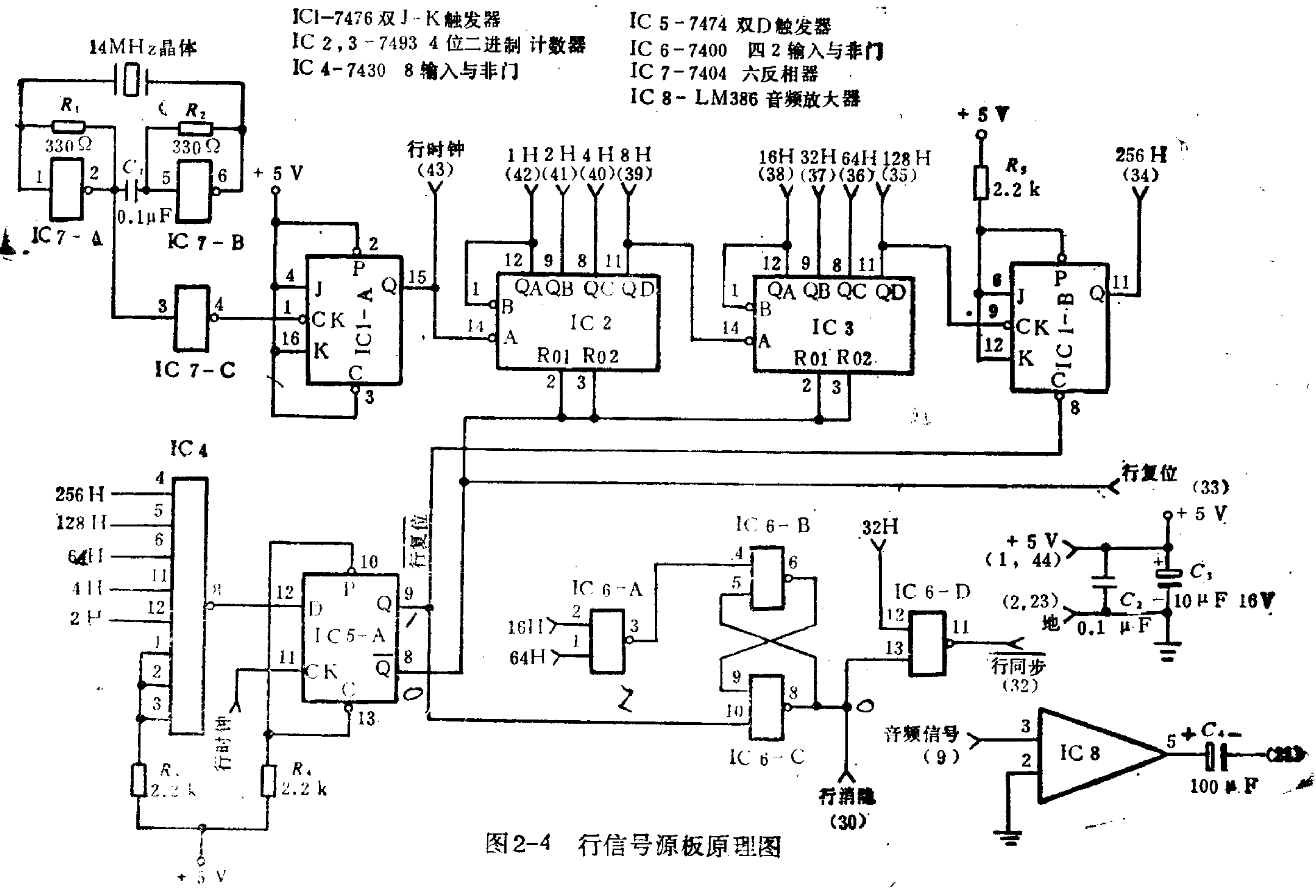


图2-4 行信号源板原理图

计数达到454以后，再来一个**行时钟**脉冲便会使IC5-A的Q输出端变成逻辑电平0，$\overline{Q}$端变为电平1。$\overline{Q}$端电平由0变1迅速把行计数器的9位输出全部清除到0，于是重新开始计数。

IC5-A的Q端输出信号是持续一个**行时钟**脉冲宽度的负向脉冲，而且在每个行计数周期刚开始时产生。相同的正向脉冲**行复位**直接送到IC2.IC3以及通过插脚引向外部。

由四2输入与非门IC6组成的这部分电路，产生**行消隐**脉冲和反相的**行同步**脉冲。IC6-B和IC6-C构成$\overline{R-S}$触发器。当负向的**行复位**脉冲送到IC6-C的第10脚输入端时，它的输出端便翻转为逻辑电平1。在行计数器被清除和重新开始计数的时候，与非门仍保持这种状态。计数器计数到80时，触发器复位，使IC6-C的输出端第8脚回到逻辑“0”．这是由IC6-A输入16H和64H所决定，在下一个$\overline{\text{行复位}}$脉冲出现之前，一直保持这种状态。

IC6-C的输出就是**行消隐**脉冲，它是从行计数器复位至0开始，第80个行时钟脉冲后结束的正向脉冲。在这80个脉冲宽度的行消隐时间间隔内，电视屏幕上的光束将会被消隐。

行同步脉冲由IC6-D产生，该与非门通常被IC6-C的输出“0”电平锁住。一旦IC6-C产生**行消隐**信号，IC6-D便为12脚输入的32H信号开启，反相的32H信号随之出现在IC6-D的输出端，并且只有在行消隐间隔内出现，请看图2-5的波形。

仔细观察**行消隐**和$\overline{\text{行同步}}$脉冲时序，正向行消隐脉冲首先开始，接着在32个时钟脉冲之后，产生反相的$\overline{\text{行同步}}$脉冲，它一直持续到第64个时钟脉冲。**行消隐**信号最后在第80个时钟脉冲时结束。行消隐和同步脉冲组合的效果与一般电视信号的相应部分类似。

音频放大器IC8的作用是放大各种特殊效果的声音，并与8欧姆的喇叭相匹配。特殊的音响效果将在以后介绍，这里就不讨论音量控制等问题了。

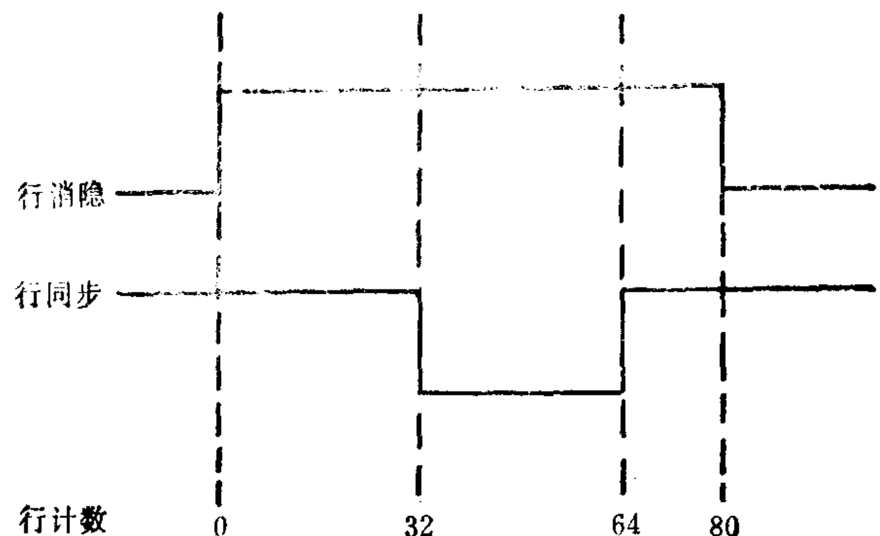


图2-5　行消隐和行同步信号

音量控制、喇叭和放大器的安排如图2-6所示。控制电位器W应该安装在原始信号盒的面板上，喇叭可以安装在盒子内部任何方便的位置。

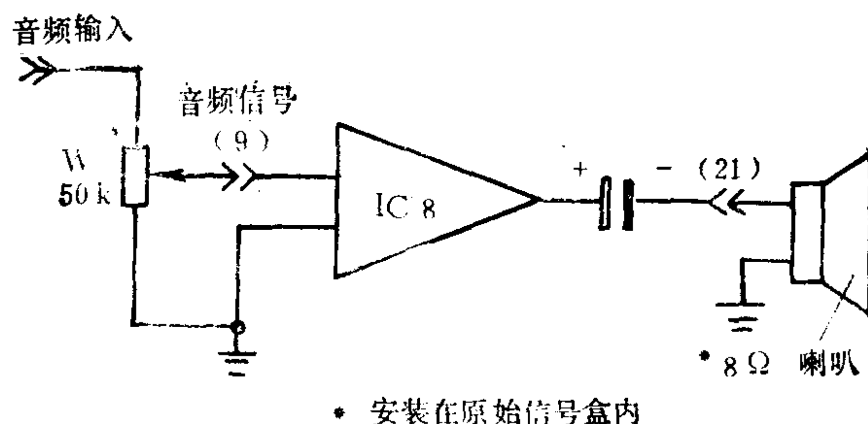


图2-6　音频放大器线路

场信号源和复合视频信号板

图2-7电路是完整的场信号源及复合视频信号发生器的电原理图。场计数器由 IC1、IC2、IC3、IC10 和 IC5 组成。其它组件用于复合视频信号。

IC1，2	—7493	4位二进制计数器
IC3	—7476	双J—K触发器
IC4	—7410	三3输入与非门
IC5	—7474	双D触发器
IC6，9	—7402	四2输入或非门
IC7	—7486	四异或门
IC8	—74125	四三态缓冲器
IC10	—7430	8输入与非门

图2-7　场信号源及复合视频信号板原理图

场计数器是由二个4位计数器和一个J-K触发器IC3组成的9位二进制计数器，9位计数器固有的计数范围是0到511，但是和行计数器一样，场计数器的实际计数范围，受具体线路的限制。

当J-K触发器（IC3）被IC5Q端输出清零时，计数器IC1、IC2同时被IC5$\overline{Q}$端输出清零。IC5是一个正沿触发器，只要时钟脉冲出现正沿变化，它的Q端输出便与它的D端输入取得一致。这种情况下，触发器为来自行信号板的**行复位**所同步，频率非常接近15625Hz。

与非门IC10维持IC5的D端输入电平，大部分时间处在逻辑1的状态，所以**时钟**输入端重复出现的**行复位**脉冲使IC5Q端输出电平固定在逻辑1上。只有当IC4-A的输入2V、4V、16V、32V和256V同时为1时，IC5的D输入端处在逻辑0的状态，其Q端输出电平变为逻辑零。该情况说明场计数器计数至310，其作用使计数器归零。

场计数器的输出能产生310种不同图形，由屏幕上许多不同的水平线条所表示。

几乎与行信号源完全一样的方式产生场消隐脉冲和场同步脉冲，不同的是这个电路由正脉冲触发，而不是由负脉冲触发的触发器组成。

或非门IC6-A和IC6-B组成产生**行消隐**信号的触发器。大部分时间IC6-B的第4脚输出端处在逻辑“0”的状态，只有当**行复位**脉冲在IC5的$\overline{Q}$输出端出现时，它才翻转到逻辑“1”。如前所述，**场复位**脉冲使场计数器清零。

IC6-B输入端的16V信号变成逻辑1之前，**场消隐**信号保持在逻辑电平“1”。16V变成逻辑1，使IC6-B的第4脚输出变为0，在下一个**场复位**脉冲到来之前，一直保持在“0”状态。

场消隐信号变成逻辑“1”的同时，场计数器复位为“0”，在计数器计数到16以前，**场消隐**信号保持逻辑1不变，所以消隐脉冲为一持续16个**行复位**脉冲宽度的正向脉冲。

场同步脉冲由IC4-B产生，然而该符号在电原理图中没有出现，因为在系统的其它地方没有用到它。

只要场消隐信号是"0"，IC4-B的输出就保持为"1"。当场消隐信号变为"1"时，IC4-B允许4V和8V的反相信号通过。此时，屏幕上的场回扫线被消隐。IC4-B输出的波形为一开始于行计数4V，结束于8V的负向脉冲，这就是场同步脉冲。请看图2-8中所示的场消隐和场同步脉冲的波形。

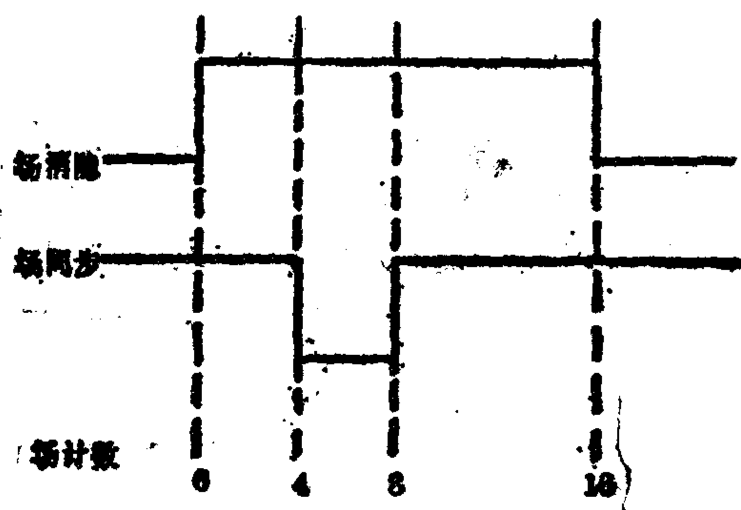


图2-8 场消隐和场同步信号

图2-7中其它的电路用于组合行和场同步信号和消隐信号，再与游戏图象信号复合。

行和场的同步信号在异或门IC7-A中进行组合。如图2-9(a)所示，场同步脉冲产生以前，15625Hz的行同步脉冲是处在正向高电平有效的状态。场同步脉冲存在时，行脉冲变成低电平有效，从而产生场同步脉冲开槽的效果。它是在场同步和回扫期间，保持行同步所需。

IC7-B仅仅作为反相器，这是为了获得反相的复合同步信号。

行和场消隐脉冲先在IC9-C和IC9-D中相或在一起，组合后的信号再和游戏图象信号在IC9-B中相或。IC9-B的输出是行和场消隐信号以及从外部电路加到IC9-A的游戏图象信号的

复合波形。

这两种波形（来自复合同步信号和图象信号、消隐信号）最后在三态缓冲器里进行调幅。整个复合后的波形如图2-9（b）所示。

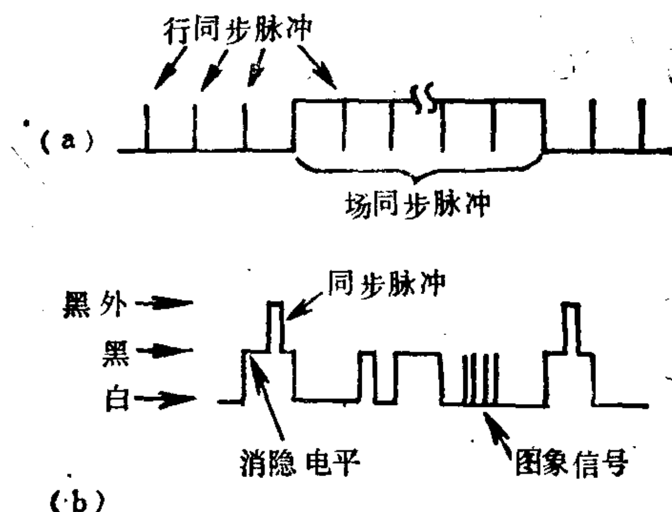


图2-9 复合波形 （a）复合同步信号
（b）输给调制器的复合视频信号

图2-9（b）的复合视频波形清楚地表明三种不同电平。最高电平处在比黑还黑的同步脉冲范围内，大约正5伏。另一端是大约0伏的白色视频信号。只有当IC6-D的输出使三态缓冲器为高阻状态时，黑色视频信号和消隐脉冲处在这两个极限之间。

图2-7所示的场计数器和复合视频信号电路可以装在类似行信号源板的44脚印制板上，这两块板分别插在信号源盒底板的插座上。

射频调制器

射频调制器的作用是把来自场/视频板的复合信号调制在可供电视游戏机选择的2,3或4VHF频段，达到图象、同步和消隐信号一起送到一般的电视接收机的目的。

可以自己动手制作射频调制器电路板，也可以在市场买到。

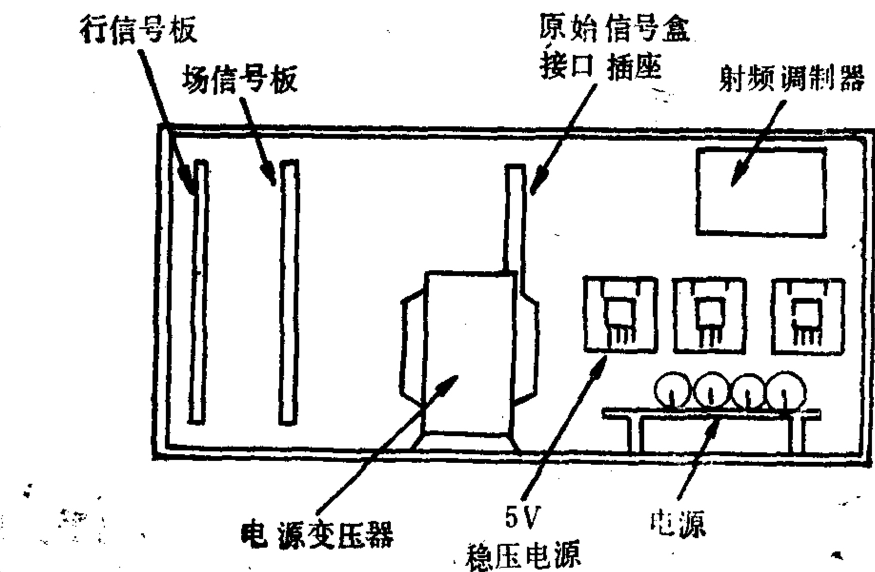
为了将微处理机系统和电视屏幕显示相连而专门设计的调制

器，同样可以用于电视游戏系统。

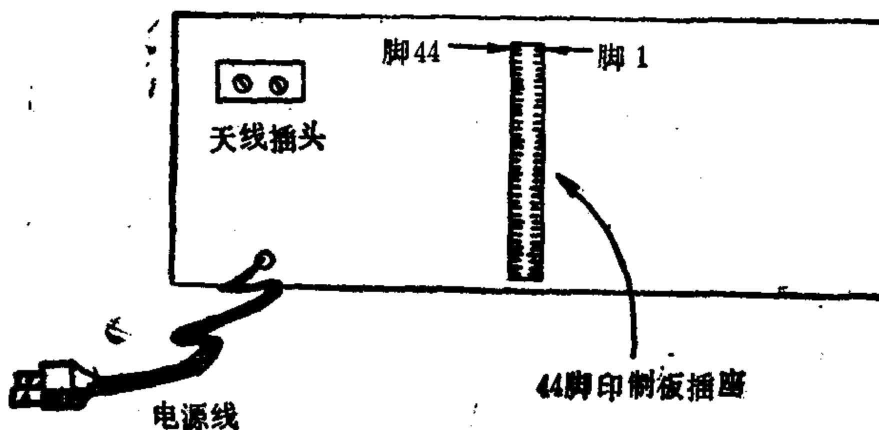
安装在信号源盒里的调制器，应尽可能远离主时钟电路和振荡晶体，防止二者之间的射频干扰。

机械结构上应该考虑的一些问题

原始信号单元中的全部电路都可以很好地装在15×25×12厘米的机箱里，参看图2-10。



正面图（除去面板）



背面图

图2-10　原始信号箱内部布置图

在机箱后部底板上装有44脚印制板插座，两块主要的电路板垂直插在上面。射频调制器也安装在这块底板上。通过两个输出端与天线接头连接。电源部分也装在机箱里。

对游戏系统工作十分重要的行和场计数信号以及其他系统的

管脚	功能	管脚	功能
1	+5V-2	23	地
2	+5V-3	24	1V
3	行消隐	25	2V
4	行复位	26	4V
5	+5V—1（原始信号盒）	27	8V
6	/	28	16V
7	/	29	32V
8	/	30	64V
9	音频输入	31	128V
10	/	32	256V
11	/	33	/
12	复合同步	34	256H
13	调制输入	35	128H
14	复合视频	36	64H
15	/	37	32H
16	游戏图象信号输入	38	16H
17	/	39	8H
18	/	40	4H
19	场复位	41	2H
20	场消隐	42	1H
21	/	43	行时钟
22	地	44	+5V-2

图2-11　接至接口板插座上的电源输出及各种信号接线表

输入输出和外部相连的方法，最简便的是通过机箱背后的另一个44脚插座。

原始信号和外部电路之间的所有连接都通过这个插座。插座的焊脚在机箱内，焊脚按图2-11所示的相应信号源连接。这样，和外部的联系只要将10×10厘米的44脚印制电路板插在机箱后面的插座上就行了。

原始信号单元中各电路板的布置，图2-11所列的接线表，两者之间要配合考虑后确定，做到使连线合理方便。

第三章　固定图形的产生

本书所述的固定图形不论简单或者复杂，在屏幕上都静止不动。它们在游戏中表示游戏边界、障碍物和一些不移动的目标。

有时，在电视游戏中要设置一些不可见的固定图形。对于那些较简单的游戏，不可见图形会增加一定的难度；更重要的是不可见线条和长方形能起“框”的作用，以限制图形在小于电视屏幕的范围内活动。

不论固定图形可见与否，它在电视游戏机技术中，都起着非常重要的作用。建立固定图形十分有趣，本身就是一种娱乐。

本章介绍一些产生固定的线、条和长方框基本技术。下一章要介绍复杂固定图形的产生（如圆圈、对角线、人像、飞船、汽车等等）。

涉及的每一种方法都用几个具体的例子进行说明。读者会发现这种叙述步骤将贯穿全书。但是必须记住，本书的目的是对设计电视游戏和显示给于指导。为此，了解每种图形产生方法的实质和了解具体例子如何工作一样重要。

没有一种图形产生方法，在所有的情况下都比其它方法好，一般要根据大小、位置、总的结构、图形的复杂程度以及图形在屏幕显示上所起的作用，来决定哪种方法最为合适。

在选择图形产生方法时，要求读者作出聪明的决定，因此在确定电路之前好好研究这章和下一章内容就显得十分重要。

动手试验在这几章遇到的电路，虽然要花费较多的时间，但是边干边学会使学习变得更容易、更有效和更有趣。先按照书上的举例试做，然后按自己要求建立几个固定图形，来检验自己的理解程度。

直接由计数信号产生线和条

在屏幕上产生简单的线和条的最直接的方法之一，是利用原始信号单元里现成的信号。例如行计数器的全部输出，在屏幕上很自然地产生黑白交替的垂直线或条，而场计数器输出产生水平的线条。

几种不同行计数信号和场计数信号在屏幕上产生的图形，如图3-1所示。为了观察这些展示的图形，简单的方法是用一根跨接线，把指定的行或场计数器输出与场信号源板上游戏图象输入端连接起来。在这之前，复合视频信号（CVID）和VHF调制器（MOD）输入接头之间应当接通。

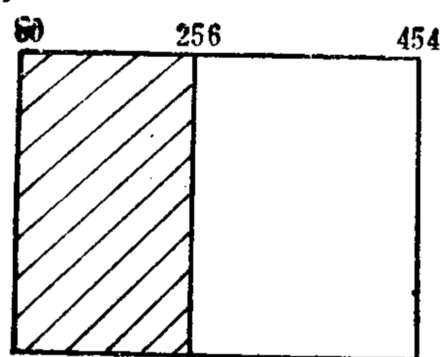
信号256H显示一条几乎接近于屏幕中心的垂直黑条。这清楚地表明每一次行扫描的前半部分，信号256H处在逻辑0。（逻辑0视频信号在屏幕上总是形成黑色区域，逻辑1视频信号则形成白色区域）。

信号128H的图形里产生的黑条比信号256H产生的多一倍。其原因很容易理解：128H的频率是256H频率的两倍，以此类推，每低一级H产生的线条都是前级的两倍。8H、4H、2H和1H输出不在这里画出，因为这些线太细，在图中不易表示。请你在电视屏幕上仔细观察。

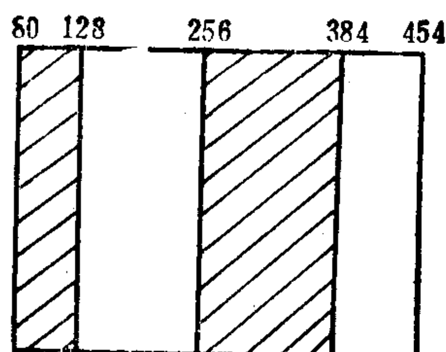
信号256V的图形在这里没有画出，因为除最下面几十行有显示外，几乎全部处于逻辑0状态（即黑色），所以意义不大。图3-1是读者希望看到的信号128V，64V，32V，16V的图形。

观察这些图形时，应仔细注意这样的情况：64H和64V粗细很接近；32H和32V，16H和16V等等也是这样。所以从64H和64V向下，垂直线条和水平线条进行比较，粗细大致相同。

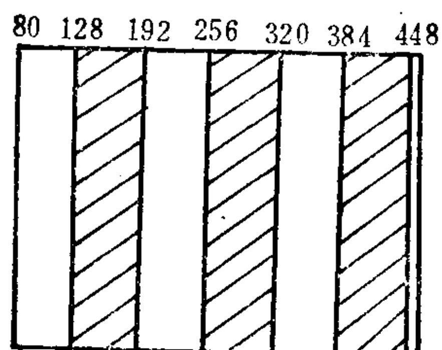
128H和128V，256V和256H产生的线条，明显不同。当你考虑产生要求的图形时，请记住这种情况。



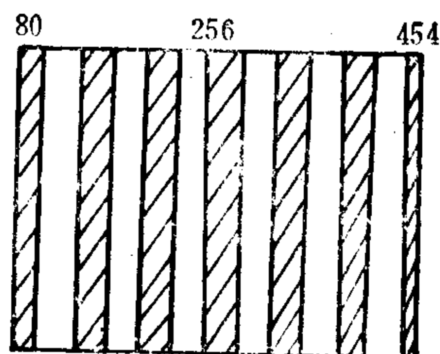
256H



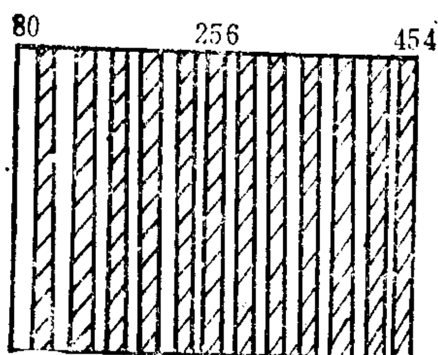
128H



64H



32H



16H

(a)

当读者第一次看到这些行和场计数信号产生的线条时，必然为自己的系统感到高兴。虽然在制作原始信号单元过程中，花了许多钱，做了大量工作，但是迈开了第一步，取得了成绩。也许不久，再看这些线条会使你厌烦。从此以后，我们要利用它们作为基础，构成更有用和有意义的图案。

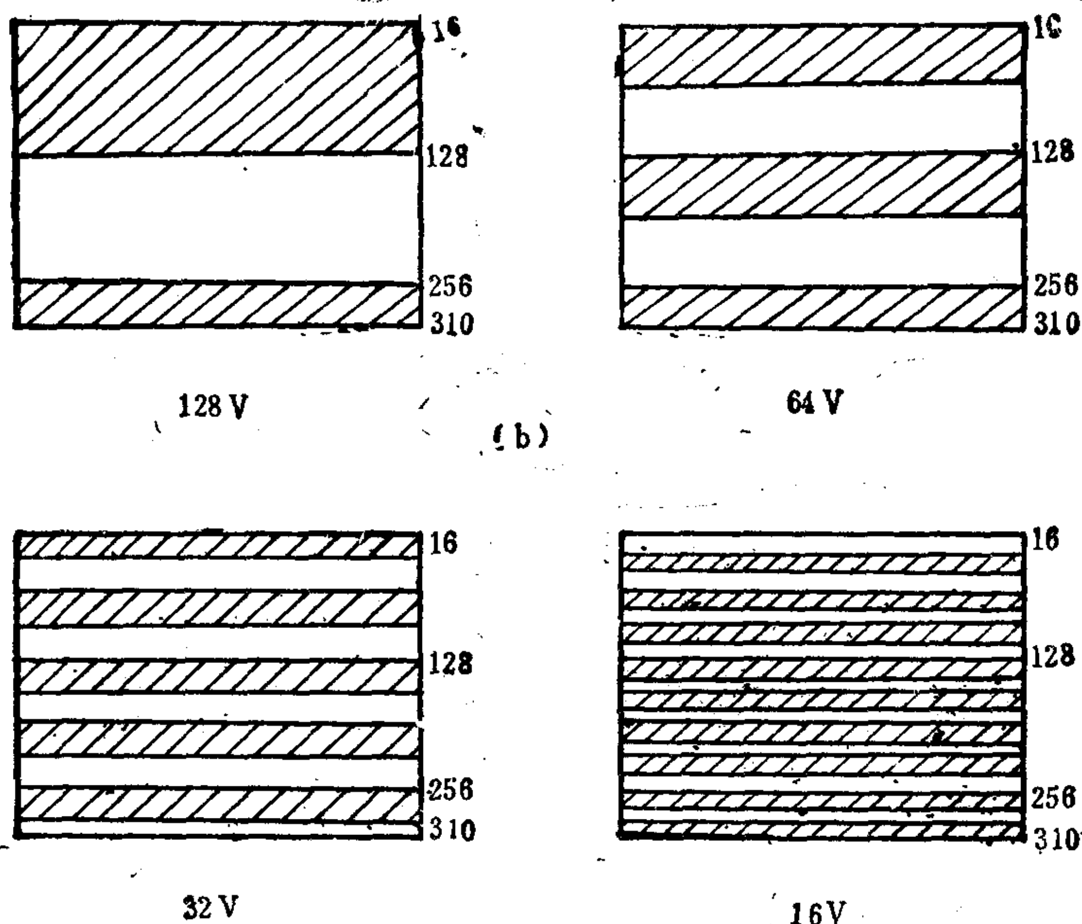


图3-1　直接利用行和场计数信号产生的图形

线／条调试板

图3-2是线和条调试板所用的集成电路逻辑符号、外引线和元件清单。要想在屏幕的指定位置上产生线条，只不过是选择最有用的电路而已。调试板的主要目的是使读者准确地知道，要想在屏幕上产生所要求的线与条，需要什么样的集成电路，仔细研究调试板的具体作用后，读者就能把想法变成具体的电路。

集成电路插在标准的调试板上，(请看图3-2元件表)调试板通过多股电缆或一束导线，用22脚印制板插脚与原始信号单元输出插座相连，图3-3是第二章中所述的原始信号单元输出插座接线图。

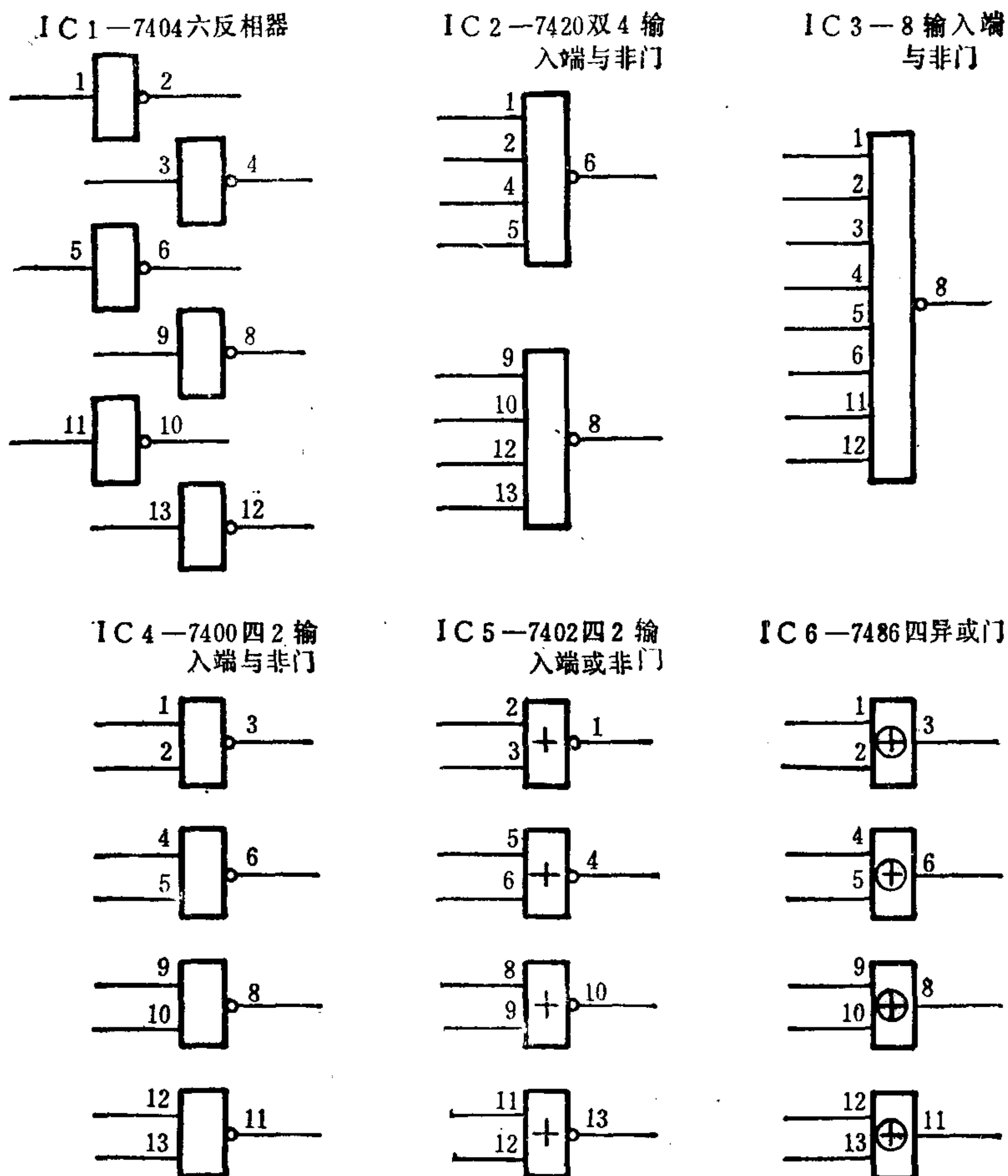


图3-2　线/条调试板中最常用的集成电路

为了对调试板怎样工作和怎样使用有一个感性认识，请按图3-4(a)的说明把电路连接起来。先把信号256H连到8输入端与非门IC3的第1脚上。再用一根跨接线把这个输出端连到原始信号单元盒的游戏图象输入端，屏幕上就会出现256H的图形。

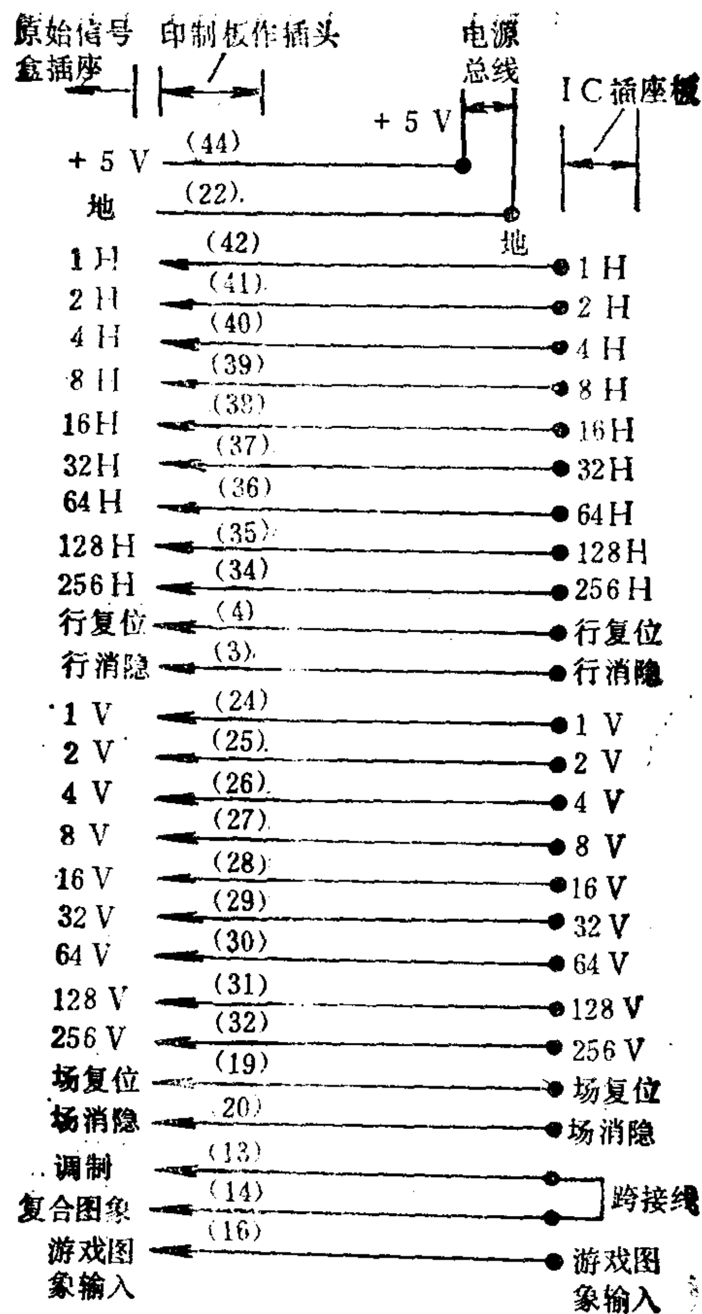


图3-3　原始信号单元和调整板之间的信号及电源连接图，调制器和复合视频信号在调整板上连接

但是，同一信号一经与非门，黑白就会转换。用数字电路的术语来说，只有一个输入信号的与非门象逻辑反相器那样工作——它把逻辑1反相为逻辑0，逻辑0反相为逻辑1。

从与非门输出的信号，经反相器后，波形再一次翻转。这种作用将信号还原到原来状态．它在屏幕上产生的图象，在各方面

都与原来256H产生的图形相同。

任何行和场计数输出都可加在图3-4（a)电路的输入端，在反相电路IC1-A的输出端显示出原来波形。

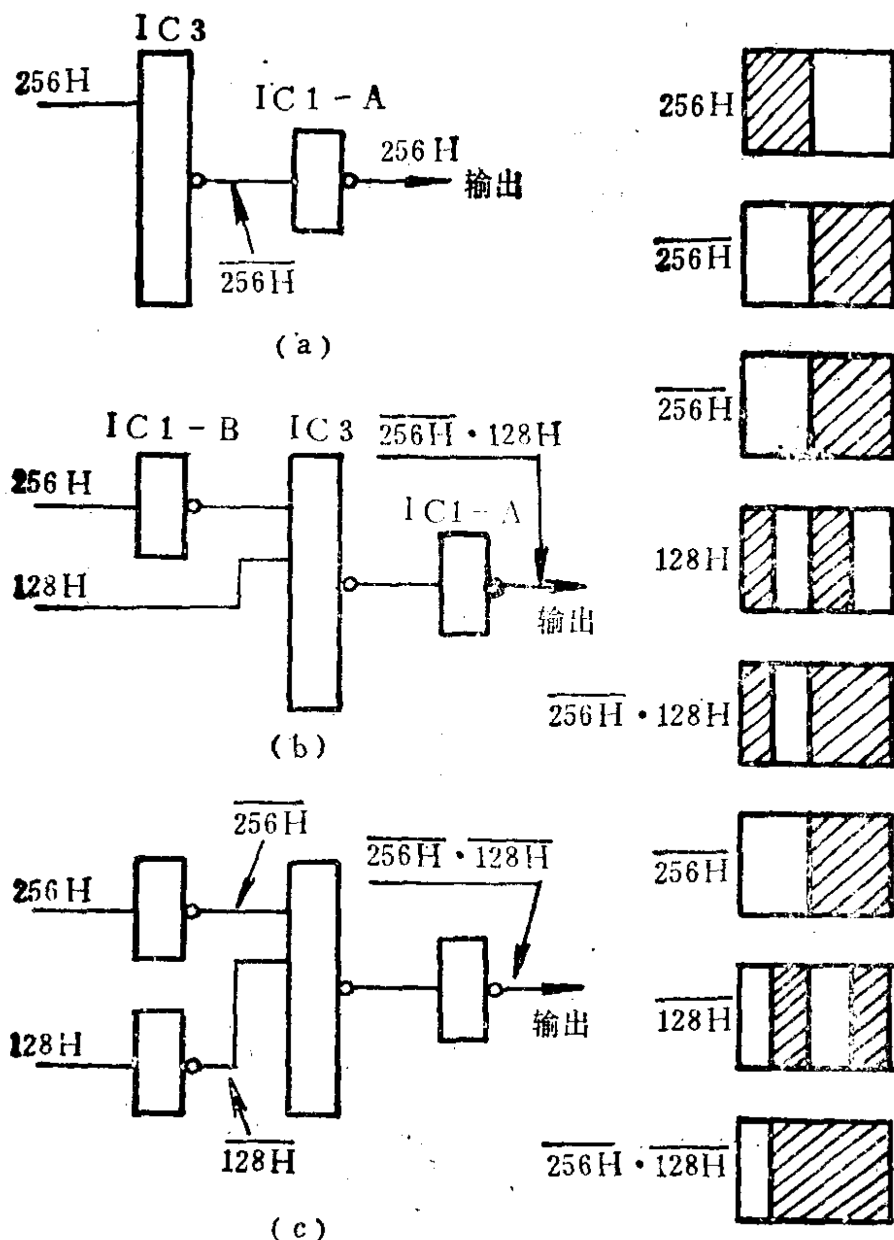


图3-4 用调试板产生的垂直线条 （a）256H信号两次反相后在屏幕上产生的图形 （b）一个与非门带一个反相器组合两个行计数信号产生一根白条，两个原始信号的白色区域在此重迭
（c）产生窄线条的另一实例

那么图3-4（a）的简单电路具有什么功能呢？

虽然这个电路没有为电视游戏机产生很多图形，但是却清楚

地显示了两个重要的事实：与非门能转换逻辑电平（使黑色和白色转换）；经两次转换后，信号回到原来的相位。

按图3-4（b）的电路接线。在这个例子中，它有两个输入。信号256H通过反相器然后送到8输入与非门的一个输入端。信号128H直接送到与非门的第2个输入端。与图3-4（b）的线路图一起的小屏幕图形就是当不同的测试点与游戏图象信号输入端相连时，出现在电视机屏幕上的图形。

在图3-4(b)中要注意的基本一点是输出图形所显示的白条只存在于$\overline{256}$H(256H的反相形式)和128H白条重迭的地方。用数字逻辑的术语来说，这个电路把与非门的输入端的两个信号相与。

只用任何一个行计数器输出，要产生象这个电路输出的单一的白条是不可能的。

如果两个输入都反相后加到与非门，会发生什么现象呢？图3-4（c）所示回答了这个问题。与非门仍旧和先前那样完成同样的功能，而现在$\overline{256}$H和$\overline{128}$H白色的重迭处出现在屏幕的左边。

运用这一基本道理，可以把送到与非门的倒相和不倒相的H信号进行不同的组合。你也许会对出现的结果感到迷惑不解，在屏幕上所希望的地方产生一条垂直线的准确程序将在本节后面详细列出。

如果你发现一些对以后工作十分有用或有趣的图形，请把电路的连接仔细记下来，供今后参考。

从图3-5看出，对场计数信号可以运用同样方法。在图3-5（a）中，输入是128V和64V；在水平显示情况下，结果在输入白条的重迭处输出也出现白条。

当把各种各样的场信号组合显示白色线条时，记住信号256V的用途不大。

就建立固定图形来说，跟一个反相器的与非门电路起关键作用。与非门的输入信号在什么地方出现白条重迭，这个电路的输出也就在什么地方产生白条。下面研究与非门/反相器组合使用

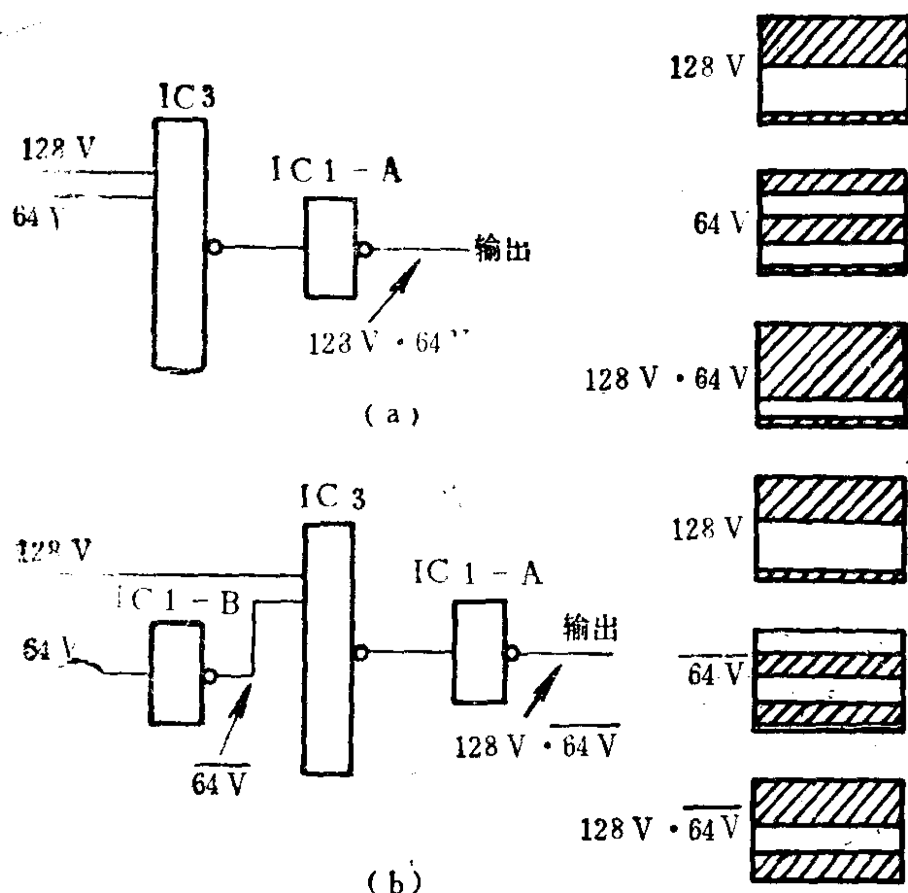


图3-5　用场计数信号产生线和条

(a) 屏幕底部的宽白条，表示信号128V，64V 的白色区域在此重迭

(b) 在屏幕中心下面产生一条宽白条。

的第二个基本性质。

行或场计数信号产生的任何黑条或白条总是被下一级黑/白交替的信号相等地平分。虽然不能一下子理解这结论，但是必须彻底地弄懂它，为此可用调试板电路做些试验来验证。

将信号$\overline{256}$H经反相送到与非门的输入端，注意它的输出反映在屏幕上的是我们熟悉的信号$\overline{256}$H所产生的图形：在中心左边的黑色区域变成了白色。现在把低一级的H信号128H送到与非门的第二个输入端。新的信号会把$\overline{256}$H的图形平半分割，即把$\overline{256}$H的白色部分，分割成大小相等的黑白区——先黑后白。

演示的结果表明：任何一个基本的行或场计数信号显示的白

色区域都被下一级黑白交替的输入平半分割。其实256H的黑色部分也被切成两部分。由于这个特殊的与非门/反相器组合在屏幕上只产生重迭的白色区域，所以分割的黑色部分是看不见的。

为了检查是否理解这个原理，你可把信号64H加到与非门的电路的第三输入端，然后想一想它会显示什么图形？如果$\overline{256}$H和128H已经加在上面，那么64H输入应该把128H的白色面积分为两半——先黑后白。

下一级H信号是32H；如果它送到与非门第四输入端，白条会再次分为两半。这种过程一直继续下去，直到与非门的八个输入端都被用上。

随着每一个输入端加入信号，屏幕上的白条会变得越来越窄。但只会在左边变窄，右边则保特不变。考虑下一个实验时，请记住这一结果。

拿掉除256H以外8输入与非门的所有输入信号。屏幕上应该是标准的从黑到白的信号256H所产生的图形。将128H信号先经过一级反相器再加入。与非门现在的输入是256H和$\overline{128}$H。这个反了相的$\overline{128}$H信号，是如何影响屏幕上的图形的呢？

这时，256H信号白色部分，被白/黑交替分成两半。回忆一下，未反相128H信号和与非门连接，也能使256H信号的白色分成两半，但是它从黑到白。

继续把H计数信号反相后加到与非门上，直到8个输入端都被用上。如果以递减顺序增加输入——从$\overline{128}$H到$\overline{64}$H、$\overline{32}$H、$\overline{16}$H等，就会看到屏幕上的白条从右边往里变窄。

就屏幕上建立线条而说，增加下一级未反相的H信号，从左边使白条变窄，而增加下一级反相H信号则从右边使白条变窄。这就可以使我们用反相和未反相的H信号的组合，将白条置于任何位置。如果让线条出现在屏幕的左边用$\overline{256}$H而不要用256H。白条的宽度可以通过使用H信号的数目来确定：H计数信号的数目越多，线条变得越窄。

现在，读者自己可以做一些设计，把与非门全部输入拿掉，然后用铅笔在电视屏幕上希望出现垂直线条的地方做一个记号，并标明要求的宽度。

把信号256H加在与非门上后，如果记号处在白色区域，说明输入信号是合适的。如果记号在黑色区域，那么你必须将$\overline{256}$H加到与非门（加到与非门以前先通过反相器）。当你的记号处在白色区域后，把128H再加到与非门。如果记号仍出现在白色区域里，就准备加下一级输入信号，但是若处在黑色区域里，就必须将128H先经过一级反相后再加到与非门。

这样继续下去，不断增加低级的H信号，必要时还要反相，直到白条与铅笔在屏幕上画出的线条位置和宽度吻合。允许有少量的位置偏差，读者可以使一条任意宽度的垂直线条出现在屏幕上任一位置。

利用调试板上的与非门/反相器电路，产生垂直线和条的方法可以归纳如下：

垂直线或条的产生方法

假设开始时，整个屏幕都是白色的垂直条。

1.它是从左边还是从右边使宽白条变窄？

如果从左边，使用256H

如果从右边，使用$\overline{256}$H

2.它是从左边还是从右边使新白条进一步变窄？

如果从左边，使用128H

如果从右边，使用$\overline{128}$H

3.从左边还是从右边把合成的白条进一步变窄？

如果从左边，使用64H

如果从右边，使用$\overline{64}$H

继续按递减的顺序加进更多的H信号，直到在预定的位置获得所要求的宽度。记住加入反相的H信号，从右边减少条的宽度，而直

接加入H信号则从左边减少条的宽度。总是先从加入256H开始，一次加入一个H信号，朝1H发展，尽量减少输入使最后的电路设计简化。

掌握了在屏幕任意位置建立垂直线条的方法以后，产生水平线条就相当简单。使用8输入与非门后面跟一个反相器这种相同的组合，只是把场计数信号加到与非门的输入端。

开始用信号128V，如果所希望的水平条出现在128V白色区域，就可做下一步实验，如果线条是在128V黑色区域，则应把加到与非门的信号先反相。

按递减的顺序，继续加入反相和未反相的场计数信号，直到白条在希望的位置上产生并具有预定的宽度。加入未反相的场计数信号，白条从顶部向下变窄，直接加入反相的信号，从底部向上减少白条宽度。

为了检查读者对产生水平条方法的了解程度，用铅笔在屏幕所希望出现线条的地方做出标记，用128V开始，逐渐按低一级的方向把反相或未反相的场计数信号加到与非门。

建立水平线条的方法可总结如下：

建立水平线或条的方法

假使开始时整个屏幕都是白色。

1.从底部还是从顶部使宽白条变窄？

如果从顶部，使用128V

如果从底部，使用$\overline{128}$V

2.从底部还是从顶部使形成的白条进一步变窄？

如果从顶部，使用64V

如果从底部，使用$\overline{64}$V

3.从顶部还是从底部使新产生的白条进一步变窄？

如果从顶部，使用32V

如果从底部，使用$\overline{32}$V

按递减的顺序，继续加入更多的V信号，直到在所希望的位置上得到合适的水平线条宽度为止。记住：加入反相的V信号，白条从底部变窄，加入未反相的V输入，白条从顶部变窄。

按照一般的程序进行产生水平和垂直线条的实验时，你可能发现每当跳过下一级信号会出现什么现象，请试试看，按一般从高到低的顺序，跳过一级，就会在屏幕上出现一对平行线。记下这个结果，它对今后工作很有帮助。

产生相隔较远的平行线和条

单一的白色垂直或水平线条也许对某些游戏设计有用，但是更多的游戏希望产生两条相隔较远的平行线。有许多游戏场地需要有边界。离开较远的水平和垂直线可以组成边界。

讨论的第一步是建立四边都有界的图形。首先，实验者必须学会怎样把一对选择好宽度和间隔的平行线出现在屏幕上。

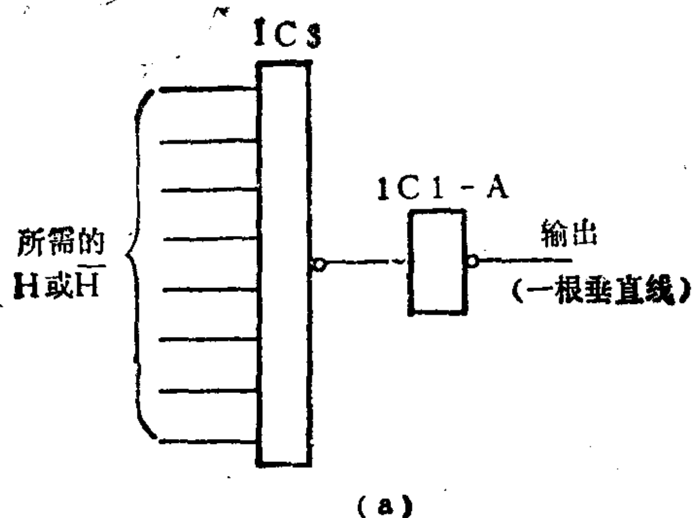
这个程序包括三个基本步骤：第一，用调试板的与非门/反相器电路产生两条线中的一条。记下需要的输入信号，用同样的电路产生第二条线。最后使电路化成最简单的形式，通过调试板上的或电路把它们组合在一起。参考图3-6，详细研究如何来完成这个实验过程。

假设读者希望有两条平行的垂直线出现在屏幕上，并有任意的宽度和相对的位置。

用图3-6（a）所示的与非门/反相器电路，开始建立两条线中的一条，按照前面介绍产生垂直线或条的方法进行。

当你建立了这条线之后，请仔细记下所用的H计数信号。看看哪些信号应该反相，哪些不反相。

实际上，送到与非门的反相或不反相的信号，一般不会多于4个，除非想产生非常窄的线条。如果产生线条只需要两个输入，可以把8输入与非门改为2输入与非门（参看图3-2中的IC_4）。



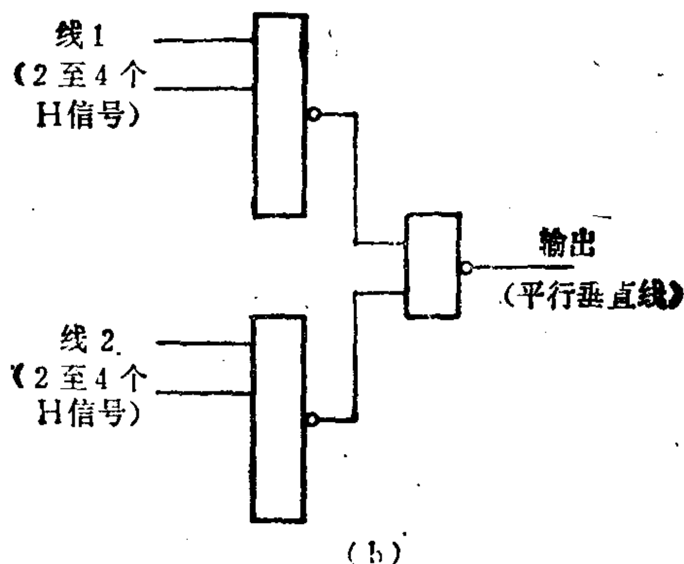


图3 6 产生白色垂置线条，并组合成一个图象信号

（a）为产生每一根线条确定行计数信号的电路

（b）将两个简化的线条产生电路组合在一起。

如果需要3个或4个输入端，就把与非门改为4输入与非门IC_2。这样一方面是为产生另一条线节省一个8输入端与非门，另一面简化了电路。

按照第一条线设计好，并对电路进行简化，然后重复上述过程，产生第二条线。当完成了这部分设计后，读者就有两个独立的与非门电路，每一电路产生一条垂直线。

剩下要做的工作，是如何在屏幕上把两者同时显示出来。图

3-6（b）介绍怎样做这项工作。把两个产生线条的与非门输出连接到2输入与非门的输入端。第二个与非门起着逻辑或的作用，它有效地将两条线的信号加以结合，在屏幕上产生所设计的两条垂直线。在形成线条的与非门后，不必使用反相器。

当你进行这种特殊的平行线产生电路试验时，游戏机视频输入端接到最后一级与非门的输入端。你将发现送到这个门的每个输入端。都传送一条建立的线条——而且图形的黑和白是颠倒的。你会在白底上看到黑色垂直线条。如果输入是反相的形式，与非门则把两个信号或在一起。它利用了数字逻辑电路上的摩根定理。

当你已经掌握在屏幕的任意位置上，产生任何相对宽度的平行垂直线条的方法以后，画出最后所设计的准确的电路图供以后参考，并用同样的方法建立平行的水平线。首先用8输入与非门和反相器建立分离的线条，然后把电路改接到较小的与非门上。根据需要参阅垂直线和条的产生方法。按图3-6b所示把两条线组合。

建立相交的水平和垂直线

线/条调试板可以用来产生有趣的水平和垂直线条。例如假设读者想在屏幕上建立井字形图形，实质上就是一对垂直和一对水平的平行线合成的图形。如果把线条固定在屏幕边上，就呈现许多不同种类电视游戏所需要的边界。

产生水平和垂直的相交平行线十分简单，只要扩大这章已经介绍的调试板方法就行了。首先，用8输入与非门和反相器产生线条，一次产生一条线。然后，再进行电路简化。

下一步，组合垂直线条，如图3-6所示，再以同样方式组合两条水平线。剩下要做的工作是把两组垂直和水平的平行线，组合成为一个图形。图3-7告诉我们怎样完成。

图3-7（a）表示合成两对水平和垂直平行线的最简捷的方法。这两种技术是基于本章前部分所介绍的分别建立水平和垂直平行线的思想。先将各自的平行线输出反相，再把它们分别送到

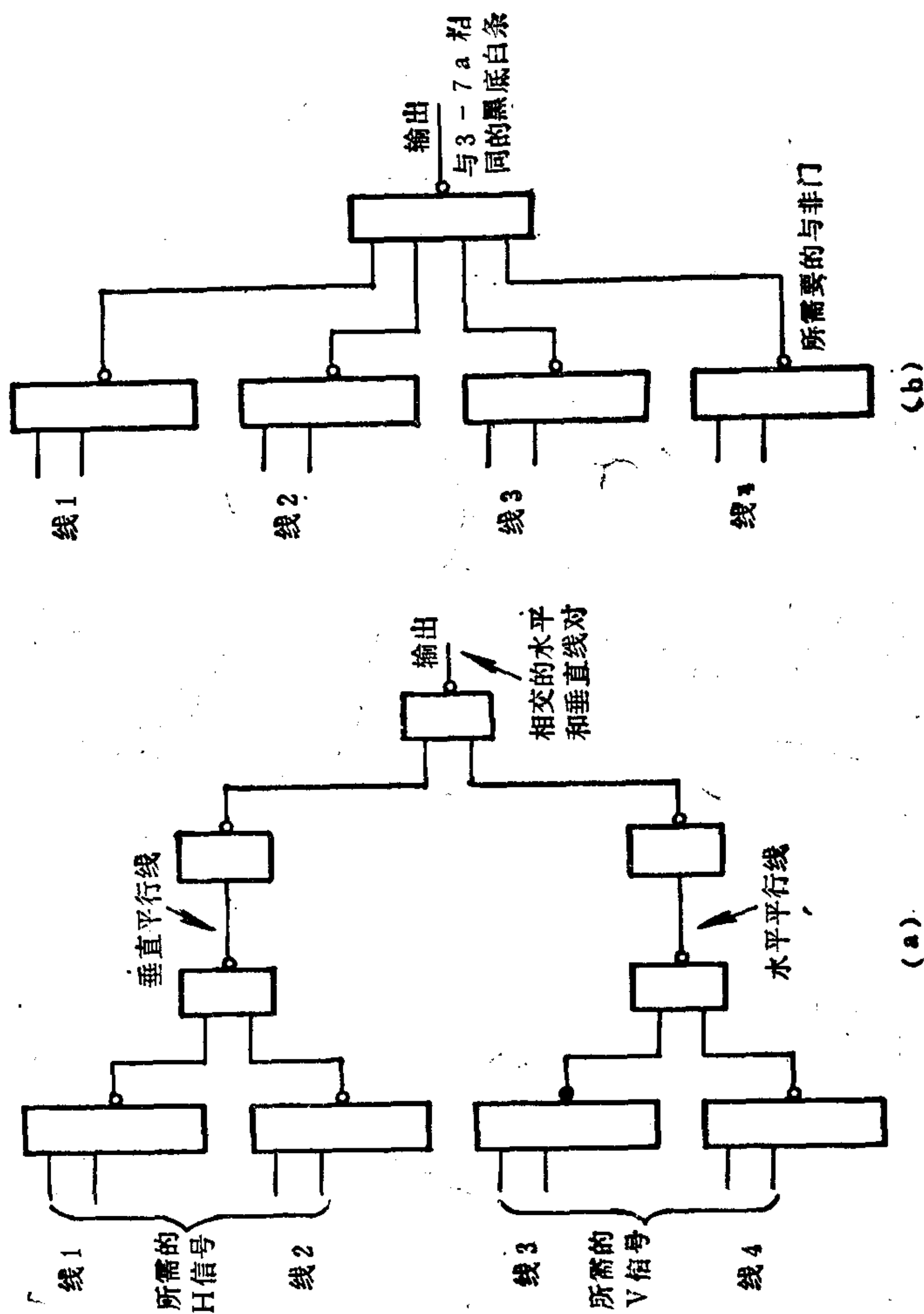


图3-7 组合两对水平和垂直条的等效电路

2输入与非门的输入端，合成两条线。这样，在最后一级与非门输出产生合成图形。

这是最直观的方法，却不是最有效的。用图3-7（b）的电

路也能达到同样的目的。

为了理解图3-7（b）的电路是怎样工作的，让我们假设你

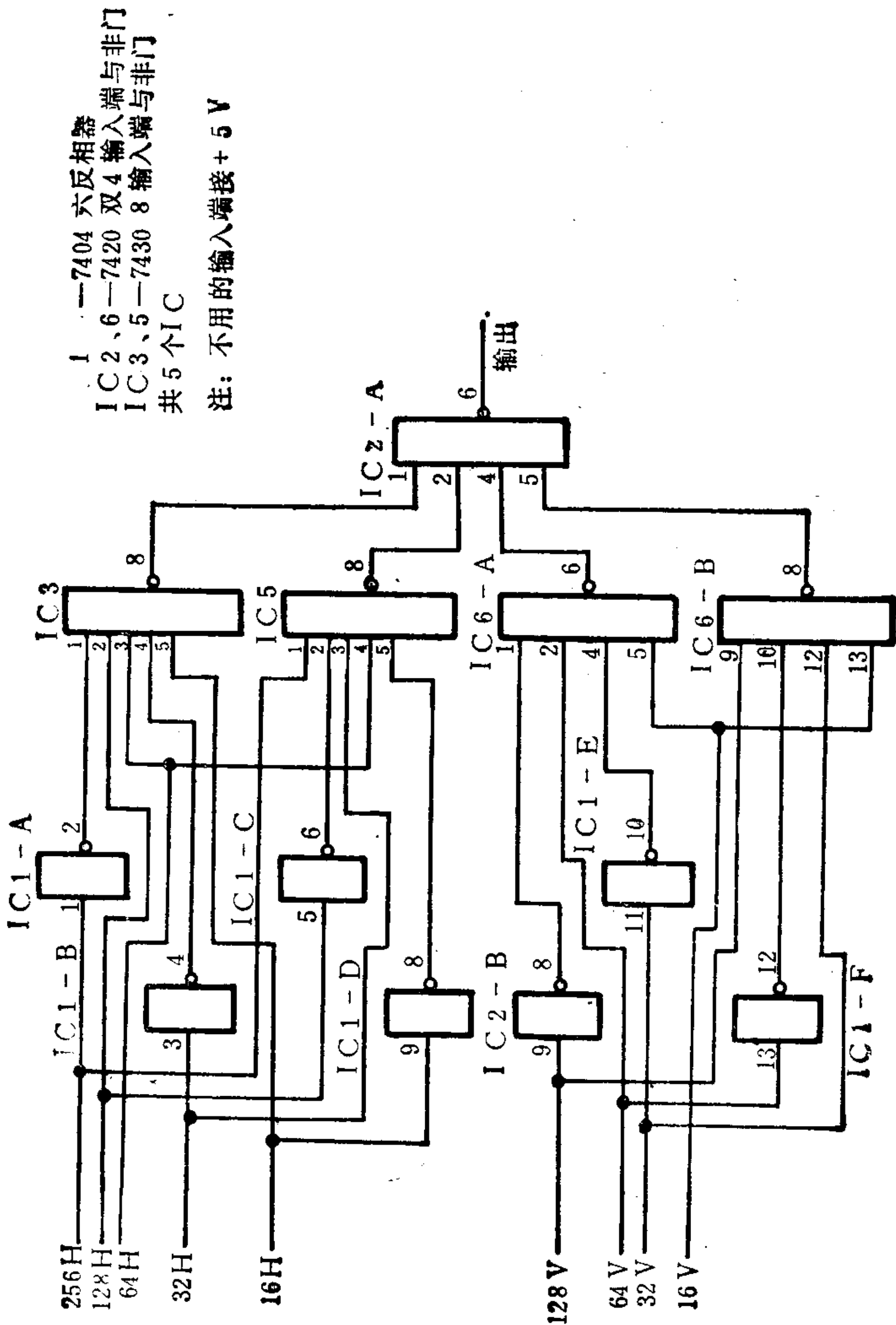
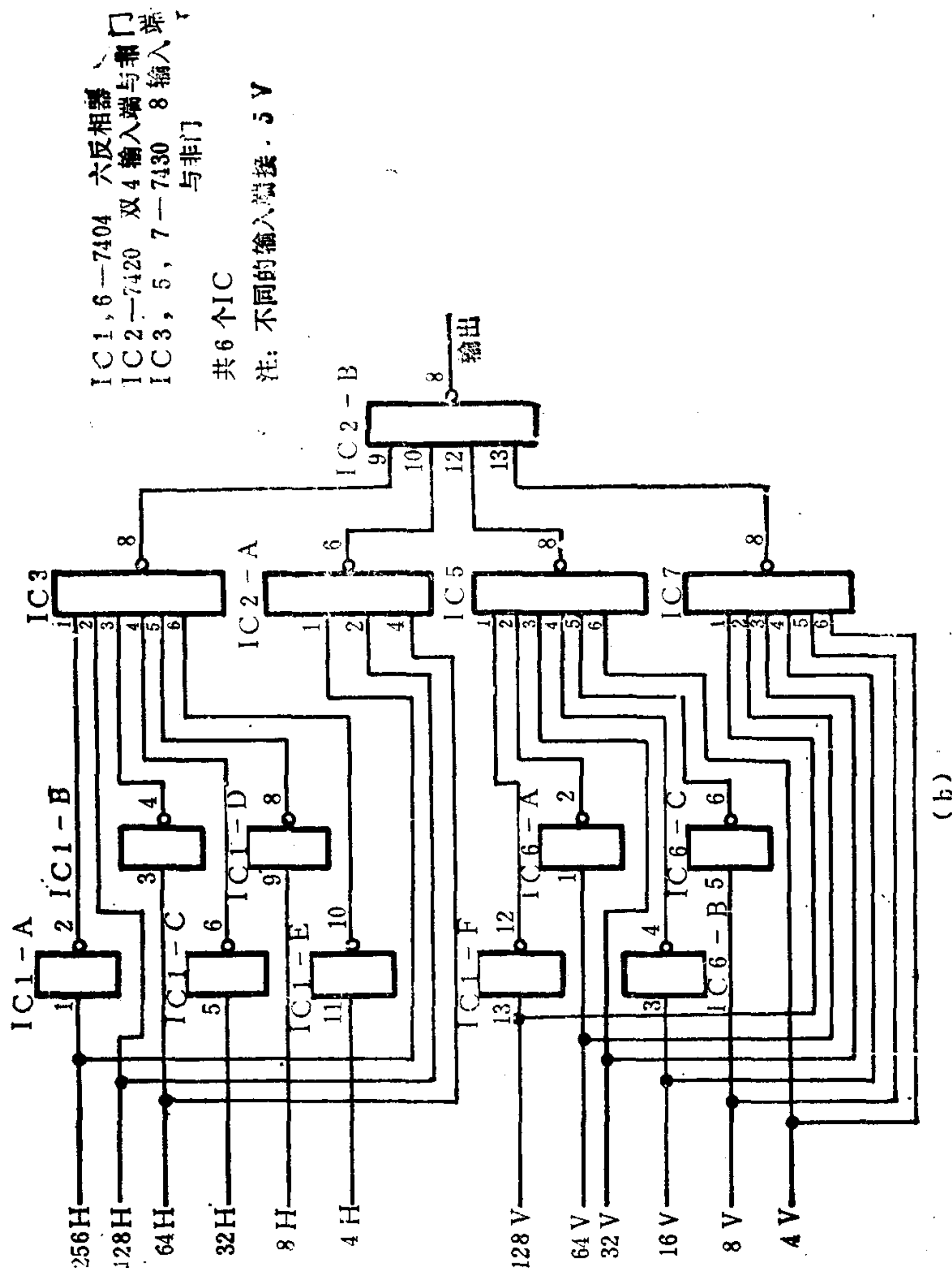


图3-8　平行线合成电路的应用　（a）井字形图形
（b）电视游戏的边界图形



(b)

已使用垂直和水平线产生方法得到了线条的技术条件——即每一条线所需要的反相和未反相计数信号。把这些输入信号简化成最简单的与非门输入以后，把4个与非门的输出接到4输入与非门。读者会发现最后一级与非门电路的输出产生的图形和图3-7(a)中比较复杂的电路输出产生的图形是一样的。

事实上，用图3-7（b)的一般电路，可以在屏幕上合成任何数目的线条。先分别建立水平和垂直线，把电路化成最简单的形式，再把产生线条的与非门每一输出连接到输出与非门。如果输出与非门是8输入与非门7430就可能将8条不同的水平和垂直线组合成一个图形。

图3-8的电路可以产生井字形图形和许多电视游戏全屏幕边界。这些边界基本上相同，不同点仅在于各对水平和垂直平行线之间的间隔。当然有可能直接利用上述电路产生图形。但是如果图形是白底黑线条，那末复合信号在送到原始信号单元的游戏图象输入端以前，要进行反相。

图3-7(b)是设计各种电视游戏的关键电路，因此应该清楚地打上记号，供以后参考。

更有效地产生窄线条

上述产生线条程序的特点之一，是依靠所用的行和场计数信号的数目决定线条宽度，设计的线条越窄，用的输入越多。

要产生非常窄的线条，需要许多输入。如果能加以改进，减少产生细线条所需要的计数信号数目那就好了。幸而有这样一种方法，它经常把输入的数目减少到二或三个。

图3-9说明使用调试板产生细线的方法。根据线的位置，用8输入与非门决定需要的输入数。如果读者要建立垂直线，则调整白条的位置，使其左边与细线开始的地方对齐。当建立水平线时，细线应该在白条位置的顶部开始。

细线的起始点确定以后，如图3-9(a)所示，去掉输出反相级，将与非门的输出连接到图3-9(b)所示的阻容和逻辑组合电路。

图3-9末级反相器的输出是在原来白条开始的地方呈现一条白线，其宽度等于或小于原来的白条。线的持续时间（或宽度）由元件R和C的时间常数决定。

确定线条宽度的一个方便作法是取R为470欧，改变C的值，

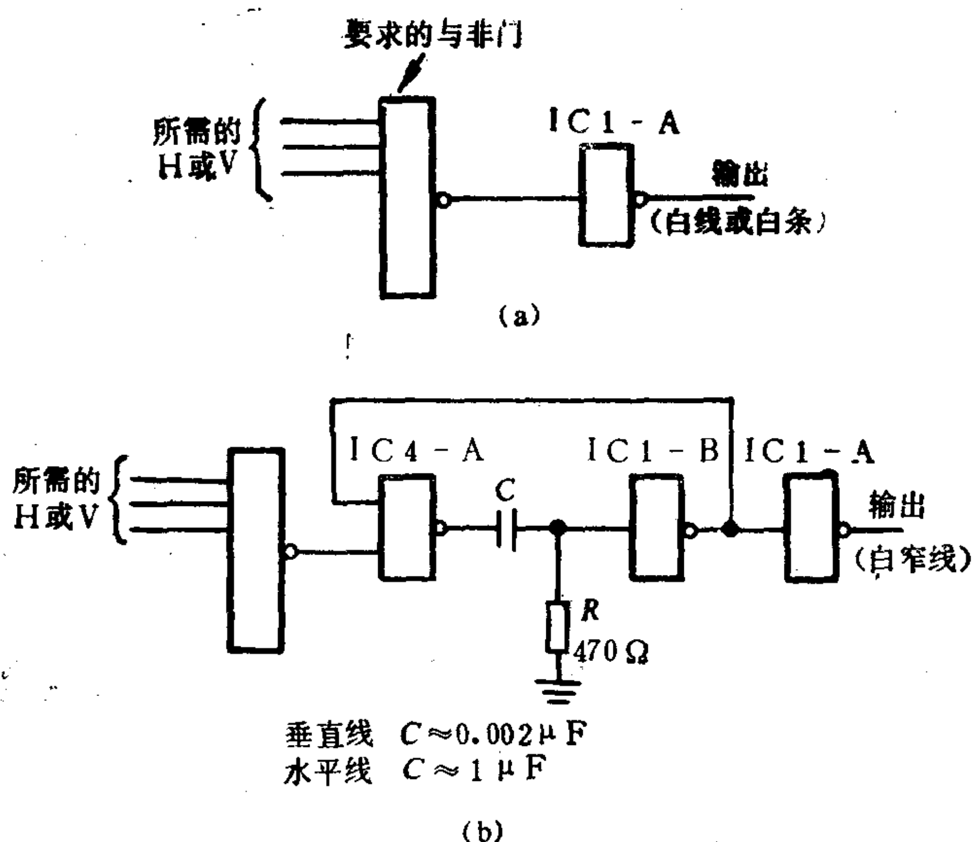


图3-9 *RC*方法产生非常窄的白条 (a) 白线起始点设置 (b) 调整电路参数使细线达到要求的宽窄

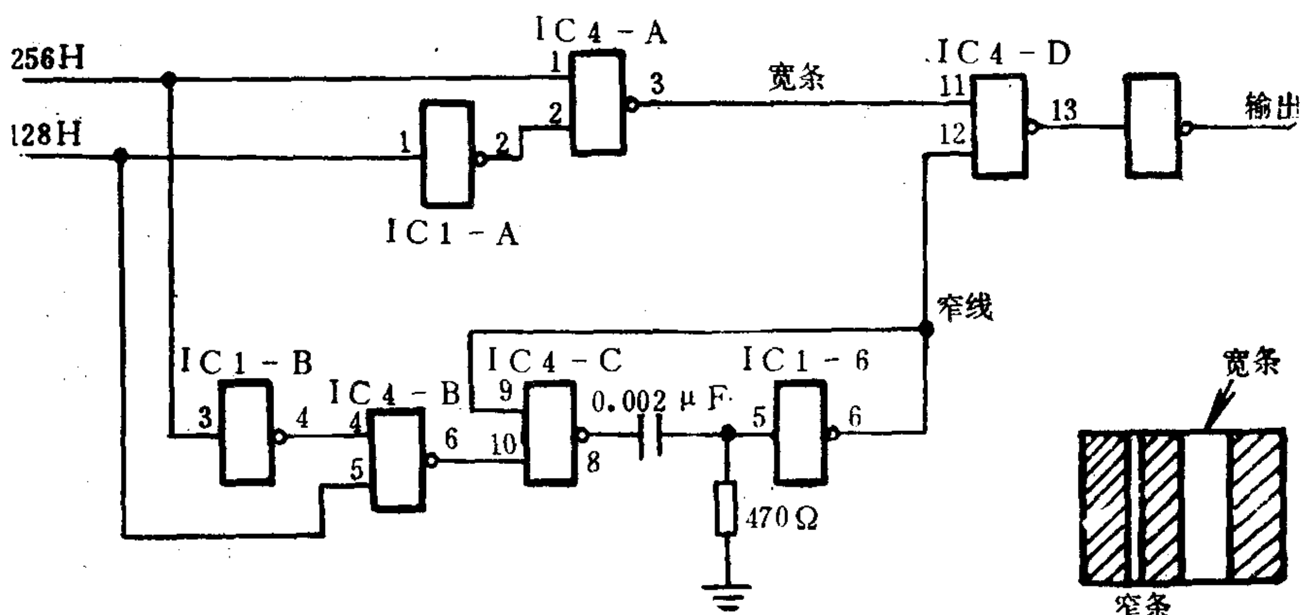


图3-10 结合使用基本的线条产生电路和*RC*窄线产生电路，在屏幕左侧形成窄垂直线，在靠近屏幕中心右侧形成宽垂直线

使其达到理想的宽度。如果是垂直线，*C*的值取0.002微法，也

可以稍微改变R的值。但是，为了更可靠的工作，R值应该总保持在100～470欧之间。

综上所述，白条起始点决定白线的起点，白条用产生垂直水平线条的方法产生。白线的宽度由图3-9(b)的R和C值决定。

用RC方法变窄的任何细线都可以先去掉输出级反相器，然后送到与非门一个输入端，再与其它线条合成。这个与非门将一些线条产生电路的输出合成线条。请看图3--10的例子

更有效地建立宽条

实践过用基本的调试板方法产生线条的读者，也许会找出这种方法的另一个缺点：几乎不可能产生一条通过信号256H形成的黑色区和白色区分界线上的白条。

256H基本图形中黑白区域之间的分界线，在整个行计数顺序中是唯一独特的点。在这个特殊的点上，每个H计数信号都从逻辑0转换到逻辑1。这种情况说明：要使宽白条通过独特的分界线继续扩展，就需要一些特殊的逻辑技巧。前面还没有介绍这种特殊的技巧。

当宽白色水平条越过基本的128V图形的交界面向前扩展时，也会发生这类问题。

产生相对宽的水平或垂直白色线条的方法是这一节的主题。这个方法除了能产生越过屏幕中心宽的白条外，还是一种在屏幕上任一地方产生宽白条的更为有效的方法。

图3—11所阐述的基本思想是由一对2输入与非门组成的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器。为了了解这个电路怎样工作，假设$\overline{R}$和$\overline{S}$输入处于逻辑1，在某一时刻$\overline{S}$输入变为逻辑0，使Q输出变为逻辑1，即使$\overline{S}$回到1，Q仍保持在逻辑1。将Q输出再次变为0的唯一有效方法是在某一时刻再把$\overline{R}$输入变为0。Q输出一直保持0状态，直到$\overline{S}$输入下一个逻辑0脉冲为止，

总之，$\overline{S}$输入是逻辑0脉冲，Q输出就被置1，仅在$\overline{R}$输入是

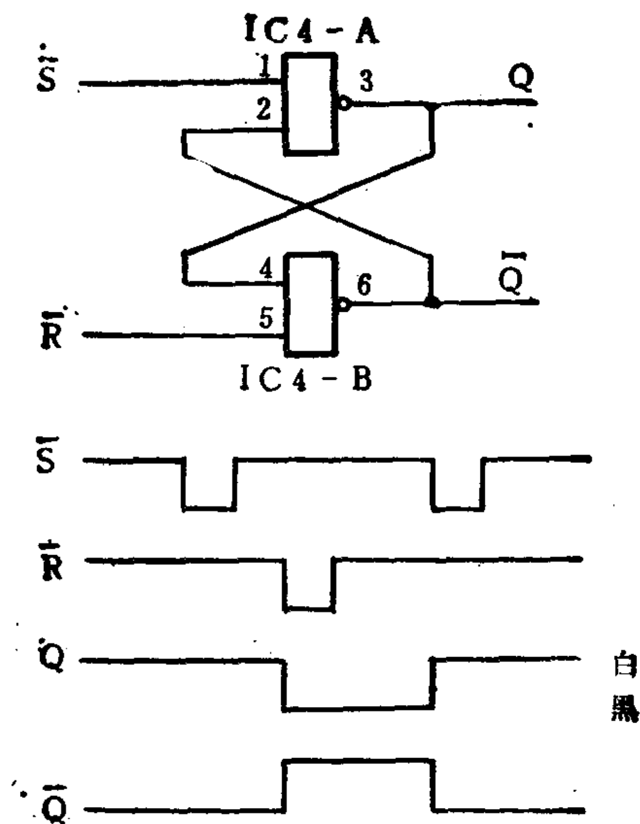


图3-11　基本R-S触发器及有关波形

逻辑0脉冲时，Q再回到逻辑0。顾名思义，$\overline{Q}$输出仅仅是Q输出的反相形式。

这一电路在屏幕上建立宽白条的意义是什么？其意义是白条能在屏幕上的某一点开始，而在这一点的右边另一点结束。这就成为提供两条窄线信号的问题，一个信号是使白条开始，另一个信号是使白条结束。

例如，读者已经制作了在屏幕上产生两条平行垂直线的调试电路，只要它们不重迭，其宽度无关紧要。现在把产生左边线条的与非门输出接到触发器$\overline{S}$输入端，把产生第二条线的与非门输出连接到$\overline{R}$输入端，你将发现触发器电路的Q输出端，产生一条宽的白色垂直条，它在左边线条开始时开始，在右边线条开始时结束。

产生一对平行线的任何方法都在这里适用，合成白条总是覆

盖两条线条起始处之间的空间。此规律只要满足下列两个条件便成立：（1）两条原来的平行线不重迭，（2）仅有两条平行线。

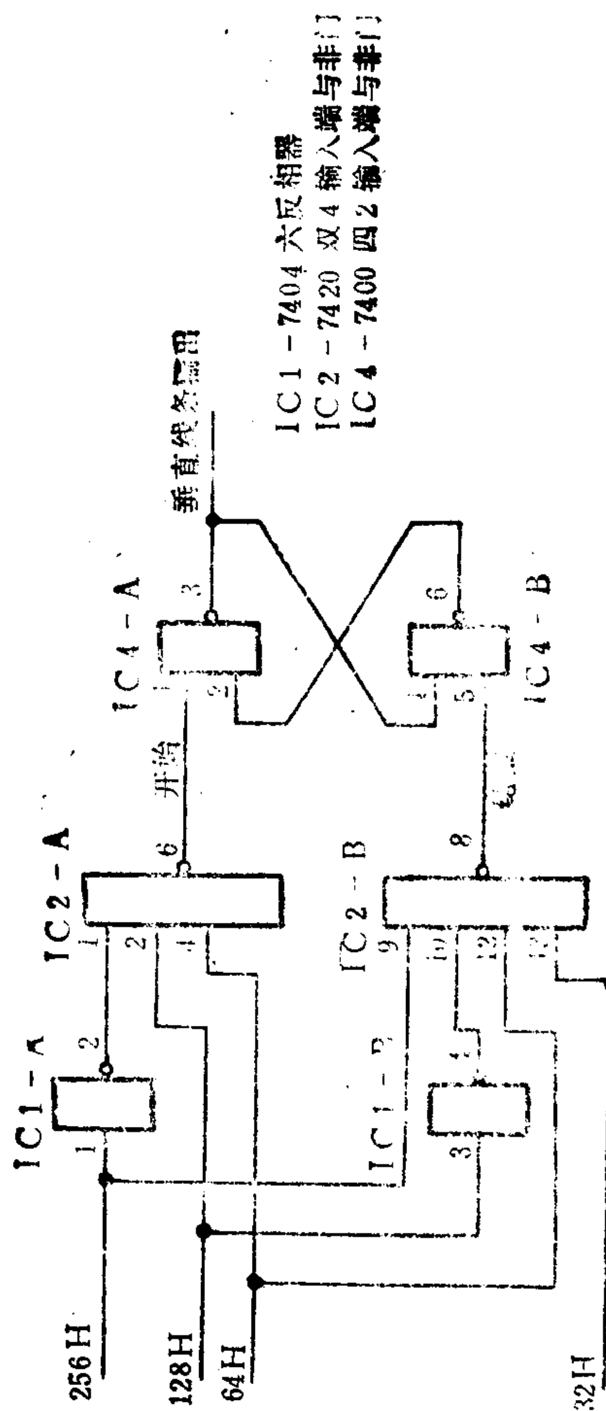


图3-12 用R-C触发器方法产生越过屏幕中心的窄线条
IC2-A决定线条起始点，IC2-B决定其结束点

图3-12是产生通过屏幕中心垂直白条的电路之一。IC2-A限定线条的起始点，从电视屏幕上看出，这个与非门的输出在屏幕

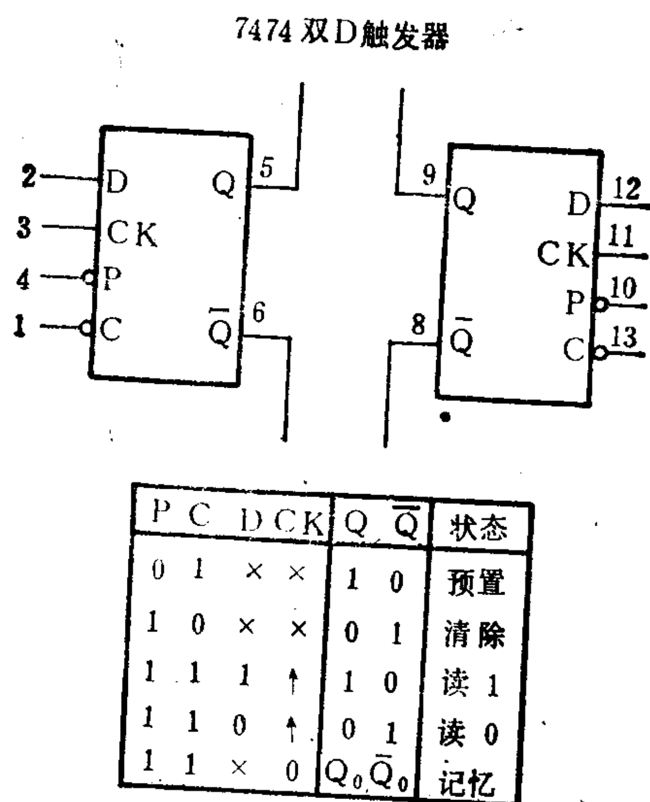
中心稍靠左边的地方出现一条相对细的黑线。这样IC2—A就确定了这个例子中产生白条的起始点。

图3-12的IC2-B产生白条的结束信号，观察屏幕上IC2-B与非门的输出，它在屏幕中心右边出现相对细的黑线，IC4-A和IC4-B构成的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器将两根黑条信号合成会产生最后的结果。

产生宽的水平线条也能用同样的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发方法获得，不同之处在于第一组与非门的输入来自场计数信号而不是行计数信号。

自己动手产生一些宽的水平和垂直的白条，直到你掌握$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器的工作过程。

与前产生宽白条稍有不同的方法需要专用的集成电路器件——7474双D触发器。图3-13表示该器件的引脚和真值表。



P	C	D	CK	Q	$\overline{Q}$	状态
0	1	×	×	1	0	预置
1	0	×	×	0	1	清除
1	1	1	↑	1	0	读 1
1	1	0	↑	0	1	读 0
1	1	×	0	Q_0	$\overline{Q}_0$	记忆

图3-13 7474双D触发器及其真值表

在屏幕上形成宽白条的过程中，D触发器的工作象一个短时记忆电路，当时钟脉冲（CLK）从0跳变到1的瞬间，触发器记下在D输入端呈现的逻辑电平（1或0），Q输出端就直接反映D输入

端的电平。CLK回到逻辑0，电路就"记住"CLK从1变到0以前瞬间的D端的电平。直到CLK再度变回1以前，D端一直保持这个输出电平。

图3-14的简单电路是D触发器在屏幕上产生宽的垂直白条的例子。这个例子的D输入是信号256H的反相形式。CLK输入是信号128H。

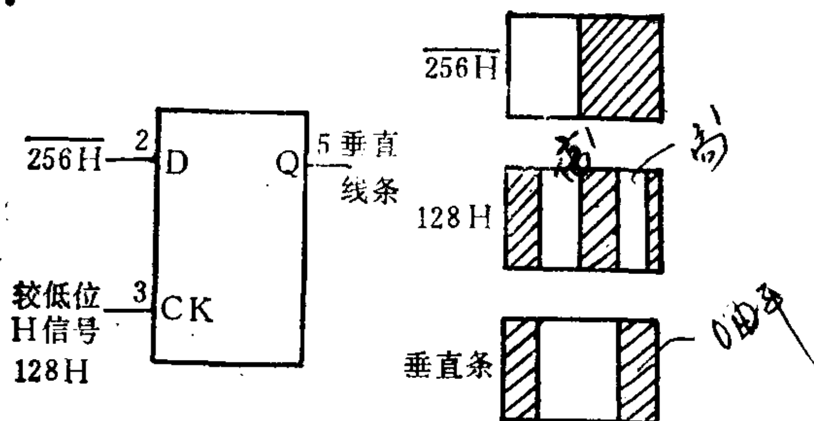


图3-14 用D触发器产生越过屏幕中心的宽线条

128H是逻辑1时，D输入呈现的逻辑电平就立刻传送到该电路的Q输出端。在图3-14中128H第一次变为白色，信号$\overline{256H}$正好也是白色，所以在128H开始变白时，电路产生白条。

128H由白变黑时Q输出保持白色。当128H第二次从黑变白时，256H已经是黑色，所以D触发器的输出也变成逻辑0（在屏幕上是黑色）。

在具体条件下，选用$\overline{R}$—$\overline{S}$触发器还是用D触发器，这留给读者去考虑。二者没有一个在任何情况下都比较好。

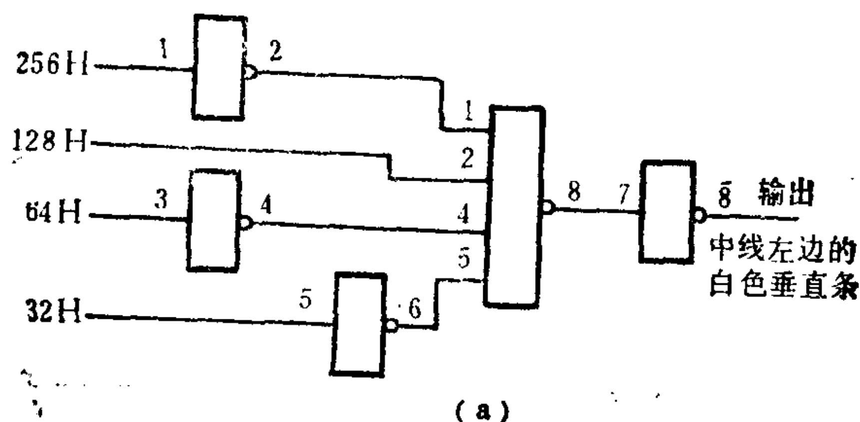
用折叠法产生宽条和多条平行线

在屏幕上产生白条和平行线还有另一种方法。它仍旧从利用基本的调试板方法开始，但是要附加一块集成电路才能完成这项工作。

折叠法仅适用于这一节后面要介绍的某些情况。通常用调试板法，*RC*法或触发器法更简便和有效。在这里介绍折叠法有两个原因。第一，告诉大家产生线、条总共有多少种可能的方法、

第二，它向读者介绍数字逻辑原理。这在建立更复杂的图象，如赛车、人物、飞机、火箭、坦克等时，显得十分重要。

请看折叠法是怎样工作的。假设已经用$\overline{256H}$，128H，$\overline{64H}$和$\overline{32H}$建立了一条垂直的白线。如图3-15（a）所示，这些输入端占用了调试板上4输入与非门的4个输入端。如果这个门的输出端先经过一级反相后，再送到**游戏图象信号输入**端，就会在屏幕中线靠左边的地方产生一条稍窄的白线。参看图3-15(a)。



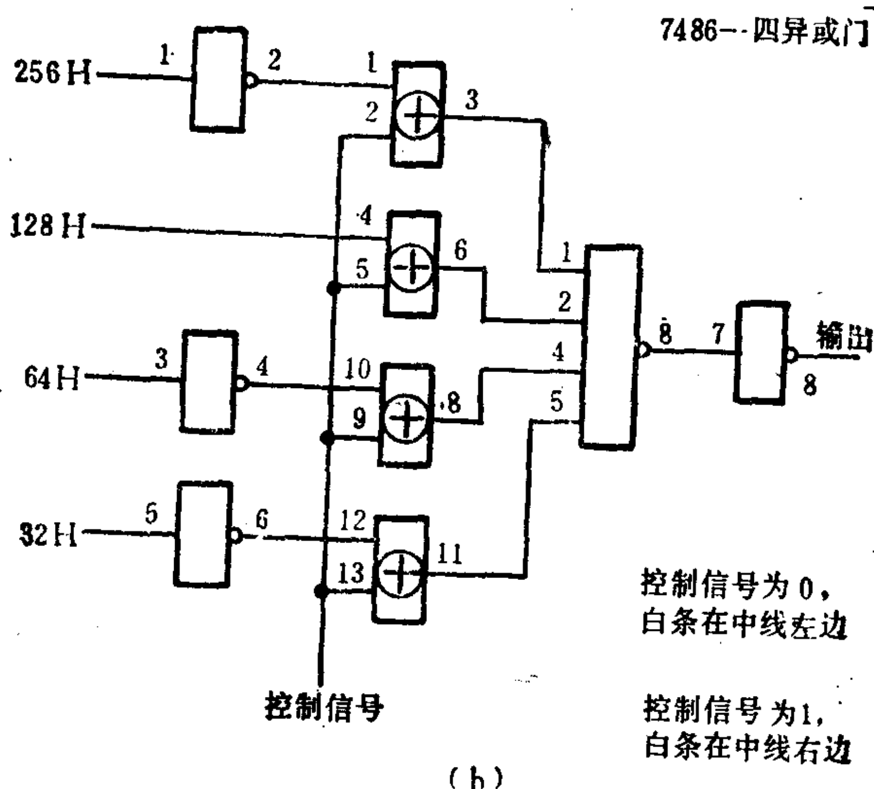


图3-15 产生线条的基本折叠法(a)确定左半边图形大小和位置的电路 (b) 使图形形成叠象的电路

现在把送给与非门的输入信号先经过一组异或门（7486 四2输入异或门）。只要7486集成电路的控制端与地连接（逻辑0），就会在没有装异或门之前屏幕上的同一地方出现白线。如果把控制端接+5V，白线就移到中线的右边。

把计数器输出反相，计数器将出现递减计数的现象。当异或门的控制输入是逻辑0，由与非门输出看，H计数信号为正常递减顺序。置控制输入为逻辑1，就会产生计数器向后计数的效果。在某种意义上讲，与非门起了反作用，好象行计数是从屏幕的右边向左边计数。

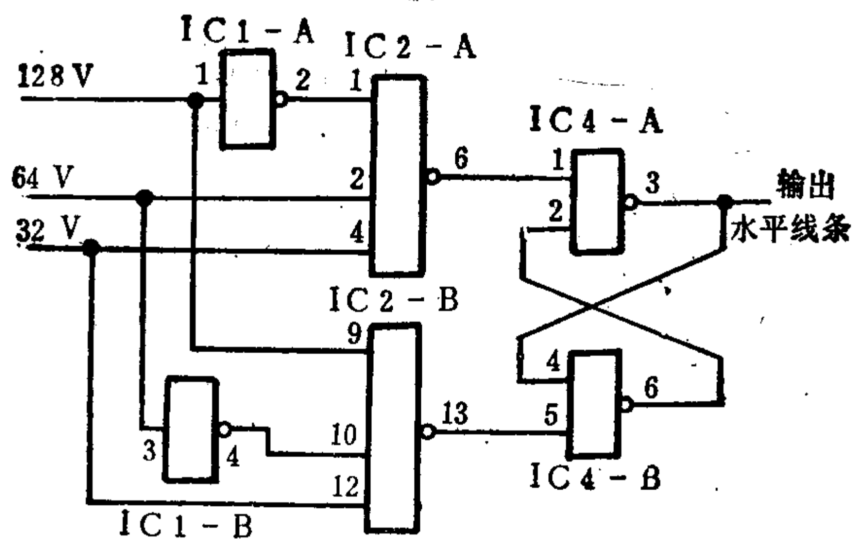
现在，把电路的控制输入连接到256H。在屏幕上将出现一对平行的垂直线。这个图形有点象一个镜象，左边的线是真实的图形，右边的一条是左边的反射。分界线正好在256H从黑变化到白的那一点。这点总是在中心左边一点。

利用信号256H定出分界线，折叠法产生两个图象——右边的一半是左边图象的镜象。

先在屏幕的左边产生任意的垂直平行线，然后，通过异或门把它们的输入信号与产生线条的与非门输入端相连。用256H作为控制输入其结果在屏幕的右边有一个镜象。试一下把128H当做控制端，你会发现一个图案在屏幕上重复多次出现。

如果送给产生线条的与非门输入信号已经确定，它们产生一条在256H从黑变到白的交界线处结束的白条，我们就能利用折叠方法产生宽白条。在256H从黑变白的分界线处结束的白条镜象跨过分界线向右扩展，影射在屏幕右边的镜象与左边有相等的宽度。当水平白条折叠时，也会发生同样现象。

和折叠法相比，触发器技术同样有效，而且效率常常更高。图3-16对这两种方法进行了比较。两个电路都精确地产生通过屏幕中心完全相同的水平白条。图3-16(a)的电路使用$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器图3-16（b）电路使用了折叠方法。



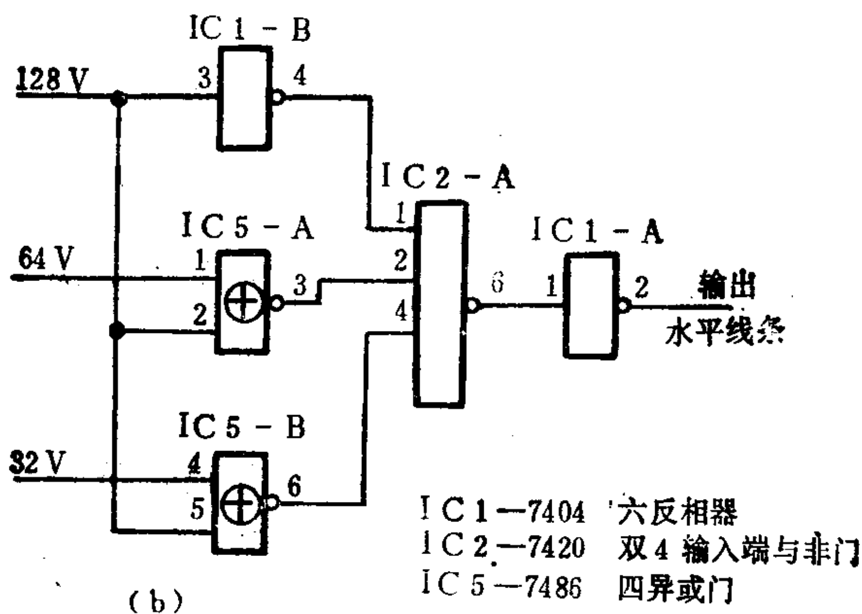


图3-16 越过屏幕中心的宽白条产生电路

(a) 触发器方式 (b) 折叠方式

产 生 矩 形

回想一下我们记得用调试板产生白色垂直和水平条，要求输入信号的白色面积在逻辑上与在一起。用一个与非门带一个反

相器电路，合成的图象就是输入信号重叠面积的白条。在屏幕上产生矩形首先要产生两根白条，一根水平白条和一根垂直白条。这两个信号与在一起以后，合成的图象就代表了它们白色面积重迭的部分。请看图3-17中的例子。

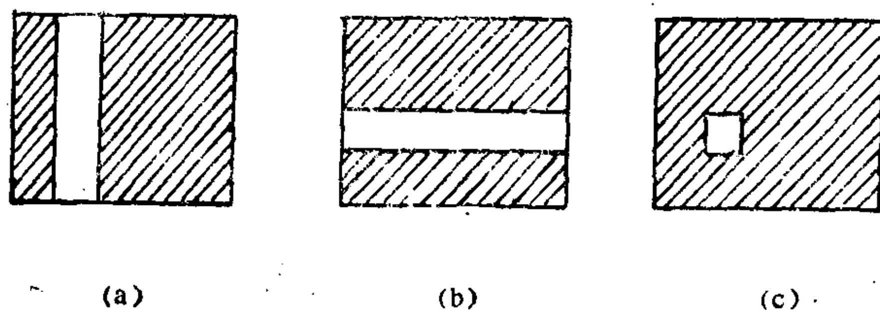


图3-17　矩形的构成

(a) 垂直部分 (b) 水平部分 (c) 两部分与后构成矩形

图3-17(a)的垂直白条可以用前面介绍产生白条的任一种方法获得。图3-17（b）的水平白条以同样的方式产生，当然要使用场计数信号。

这两个信号也在调试板的另一个与非门/反相器中合成。屏幕上的图形表示两条白条的重迭面积。其图形总是矩形的。

实际上讲，矩形是通过确定的垂直与水平坐标在屏幕上形成，在这种情况下，垂直坐标是垂直白条，水平坐标是水平白条。而它们如何产生并没有什么不同。如果用与非门/反相器将这两条白条合在一起，那么在屏幕上就会出现白色矩形。

当然，在电路的反相器之前输出就会在白色背景上产生一个黑色矩形。

图3-18是在屏幕上任意位置产生任意大小矩形的典型电路。水平和垂直坐标利用调试板直接通过与非门产生。产生线条的与非门的这些输出被反相以后，加到2输入与非门。如果矩形是黑色背景上的白色图形，2输入与非门的输出信号要经过另一个反相器后，再加到**游戏图象输入端**。

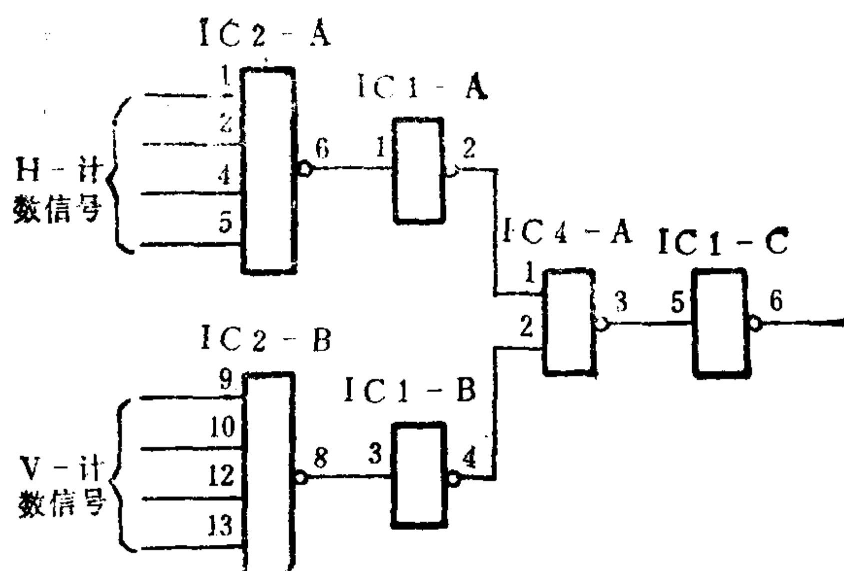


图3-18　产生矩形的基本电路

建立矩形的一个好方法是用铅笔先在电视屏幕上画出矩形的轮廓，然后利用调试板电路建立白色垂直条，使其宽度和位置尽可能与画出的轮廓相吻合，此步骤确定了矩形的垂直部分。记下输入的H信号。重复这一操作，产生与矩形确定的位置和高度相吻合的水平条，再记下输入的V信号。

把这两个电路简化成最简单的与非门，然后把它们的输出送给2输入与非门和反相器，如图3-18所示，如果确定的垂直和水平信号恰当，就会在屏幕上产生所希望的矩形。

矩形产生程序可总结于下。

产生矩形或方形的方法

1．用前面介绍的产生垂直线或条的方法，建立垂直白线或条。它的位置确定了方形或矩形的水平位置，它的水平宽度决定矩形最后的宽度。

2．用前面介绍的产生水平线或条的方法，建立水平线或条。它的位置决定矩形垂直的位置。垂直高度即矩形最后的高度。

3．如果用8输入与非门建立这两条线或条，把它们变换成比

较简单的与非门。例如，一个需要4个输入的线条，就可以把它们改换到双4输入与非门之一。

4.把两组与非门的输出通过反相器后，送给2输入与非门的输入端。

5.2输入与非门输出再经反相，把最后的信号送给未调制的**复合视频输入**，产生方形或矩形。这一步偶尔用于在黑色背景上产生白色矩形。也可以将最后一级反相器省去——即从第4步介绍的2输入与非门输出端取出**复合视频信号**就得到翻转的图形（在白色背景上的黑色矩形）。

在屏幕上，确定几种不同尺寸和位置的图形，自己想办法产生它们。如果想建立非常小的矩形，你就会发现用*RC*线条产生法比基本的与非门法更简单。

雕塑矩形

产生矩形采用一种替换程序，可以节省时间，而且很有趣。首先建立如图3-18所示的基本矩形电路，但不确定精确的行和场计数信号。在程序的第一步，屏幕应全是白色，我们假定它正在产生个屏幕的白色矩形。

接着将256H或$\overline{256H}$信号加到IC2-A的一个输入端。根据你所用的256H信号的相位，全屏幕矩形将会从一边或另一边变窄。然后把128V信号加到IC2-B的一个输入端，根据所用的128V相位，白色矩形将会从顶部或底部收缩。

再把反相或未反相的128H信号加到IC2-A的另一个输入端，我们将看到矩形会变得更窄。将64V或$\overline{64V}$信号加到IC2-B第二个输入端使矩形从顶部向下或从底部向上收缩。

继续将更多的H和V信号加到它们各自的与非门上，直到它与所希望的矩形在大小和位置上都相吻合。由于这种方法给实验者一种在屏幕上雕刻或修整图形的感觉，所以把这种方法叫做雕

刻法。

在屏幕上刻画矩形的一般过程可以概括成基本的几条。

刻画矩形或方形的方法

假定屏幕是全白色的矩形

1. 从左边还是从右边使大的白色矩形变窄?

如果从左边，用256H，

如果从右边，用$\overline{256H}$，

2. 从顶部向下还是从底部向上使合成后的垂直条缩小?

如果从顶部，用128V。

如果从底部，用$\overline{128V}$。

3. 从左边还是从右边将合成后的白色方形进一步变窄?

如果从左边，用128H.

如果从右边，用$\overline{128H}$，

4. 从顶部向下还是从底部向上使矩形减少?

如果从顶部，用64V。

如果从底部，用$\overline{64V}$。

5.交替减少白色矩形的水平和垂直尺寸来雕刻成我们所希望的图形。

矩形产生电路的简化

前面介绍所有建立矩形的电路至少都要用3个反相器，每一个产生线条的与非门要有一个，组合这两条线的与非门输出又用一个。当实验者用不同的方法建立所希望的矩形时，这个电路是相当合适的，但是也有更简单的方法来完成。它要使用一块到目前还没有用过的集成电路。

我们不是把每个产生线条电路的输出反相后送到与非门，再将其输出反相；而是直接从产生线条的与非门取出输出加到2输入或非门的输入端。现在我们将图3-18的调试板矩形产生电路和

图3-19简化的或非门电路进行比较。

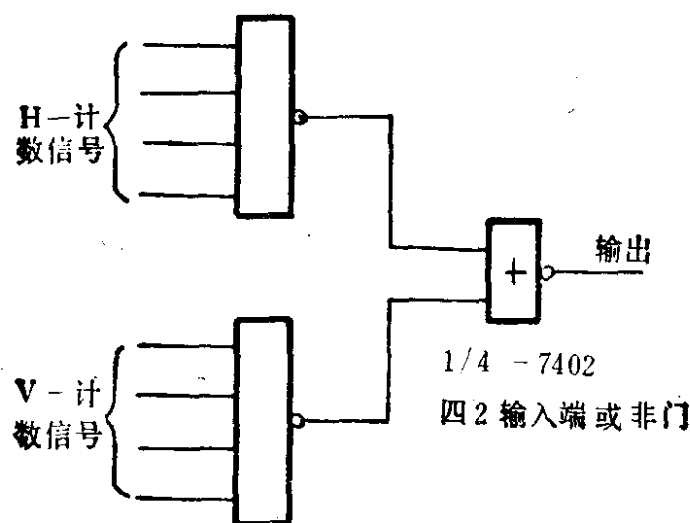


图3-19　简化的矩形产生电路

图3-19的电路利用了一条逻辑定理，反相信号经过或非门后可以使两个信号相与。产生线条的与非门输出信号就是它们将产生线条的反相形式（在白色背景中产生黑线）。直接把这些输出送到或非门以后会产生与的输出．这便是建立矩形的依据。

或非门在本书中使用频繁，它将已经处在反相状态的信号与在一起，不需要三个反相器。

在屏幕上合成固定图形

本章介绍的几种图形：单独的线、条和矩形本身没有什么意义．两个或两个以上的基本固定图形必须在屏幕上结合才会产生更有用或更有趣的游戏图形。

用数字电路的术语来说，在屏幕上将两个或更多的固定图形的合成过程，就是将单独的信号或在一起的问题。就调试板方法而言．这就意味着把每一个图形产生电路的输出送到与非门的各个输入端。如果与非门的输出再经反相．最后的输出信号就是合成的图形。

图3-20的电路表示怎样把4个不同的固定图形合成为一个复

合的图象波形。它应用了摩根定理 如果输入处在反相状态，与非门则进行或的操作。

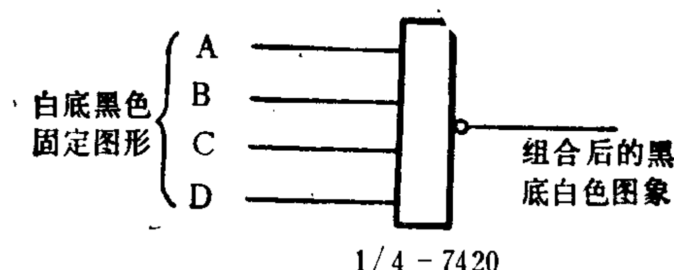


图3-20 二个或多个图形组合成单一的图象信号

总之，本章的大部分线、条和矩形产生电路，能产生反相的信号，所以用与非门电路来完成这一工作十分方便和有效。注意，与非门的输出是黑底白色图象信号。

一些有趣图形的建立

图3-21是在屏幕上产生一些有趣图形的各种电路。其基本思想是将行计数信号和同一级场计数信号组合在一起，例如，64H和64V。

围绕与非门构成的电路在屏幕上产生整齐的方形图案。如果图象信号直接从与非门输出，结果就在白色背景上产生黑色方形图案。另一方面，如果与非门的输出信号先经反相器后再送到游戏图象输入，那么就会在黑色的背景上产生白色方形图案。

在异或门的输入端把一对行和场计数信号组合在一起，能产生一个非常特殊的方格图形。

不论用与非门产生矩形，还是用异或门产生方格，图案都随着输入信号的级数减小而变细。例如，32H和32V的方格就比8H和8V输入所产生的图案要粗得多。

方格里有方格，方格里有矩形，矩形里有方格等等，在屏幕上组成一些有趣的图案。其中许多图案对今后所要研究的电视游戏机形成特殊效果非常有用。

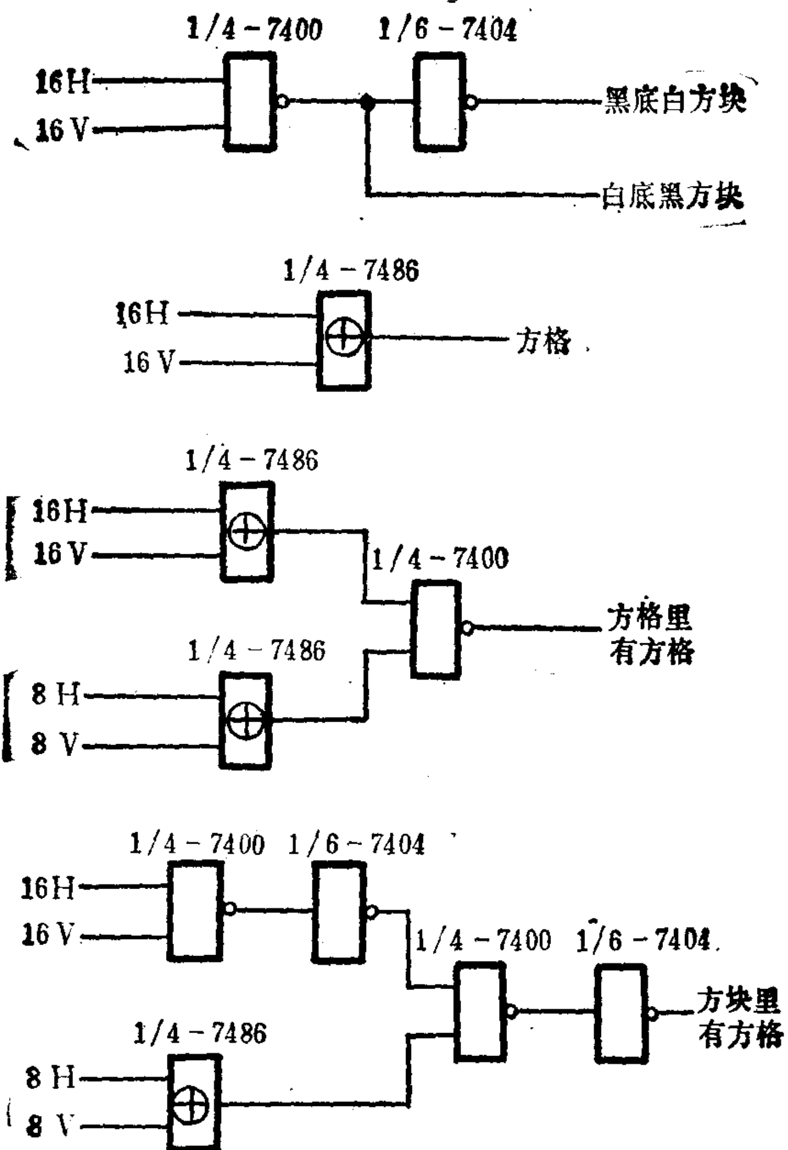


图3-21　几种产生特殊固定图形的电路

第四章　章立复杂的固定图形

用前一章介绍的原理可以产生许许多多的固定图案，它们缺少当今市场上比较好的电视游戏机那种趣味。线条图案都是直线和直角构成。建立象三角形这一类简单的几何图案需要非常复杂的线/条调试板电路。

本章要介绍一种基本方法，用以建立各种固定图形、几何图案和十分有趣的人或物体形象，如火箭、飞船、坦克、人、枪炮等等。用这种方法可以建立比前章介绍的更复杂的线、条和矩形图案。

虽然本章只介绍一种基本方法，但是读者将会发现它完全满足你可能在建立图形中遇到的任何问题。要产生复杂的图案只受到读者对电路工作的理解和想象力的限制。

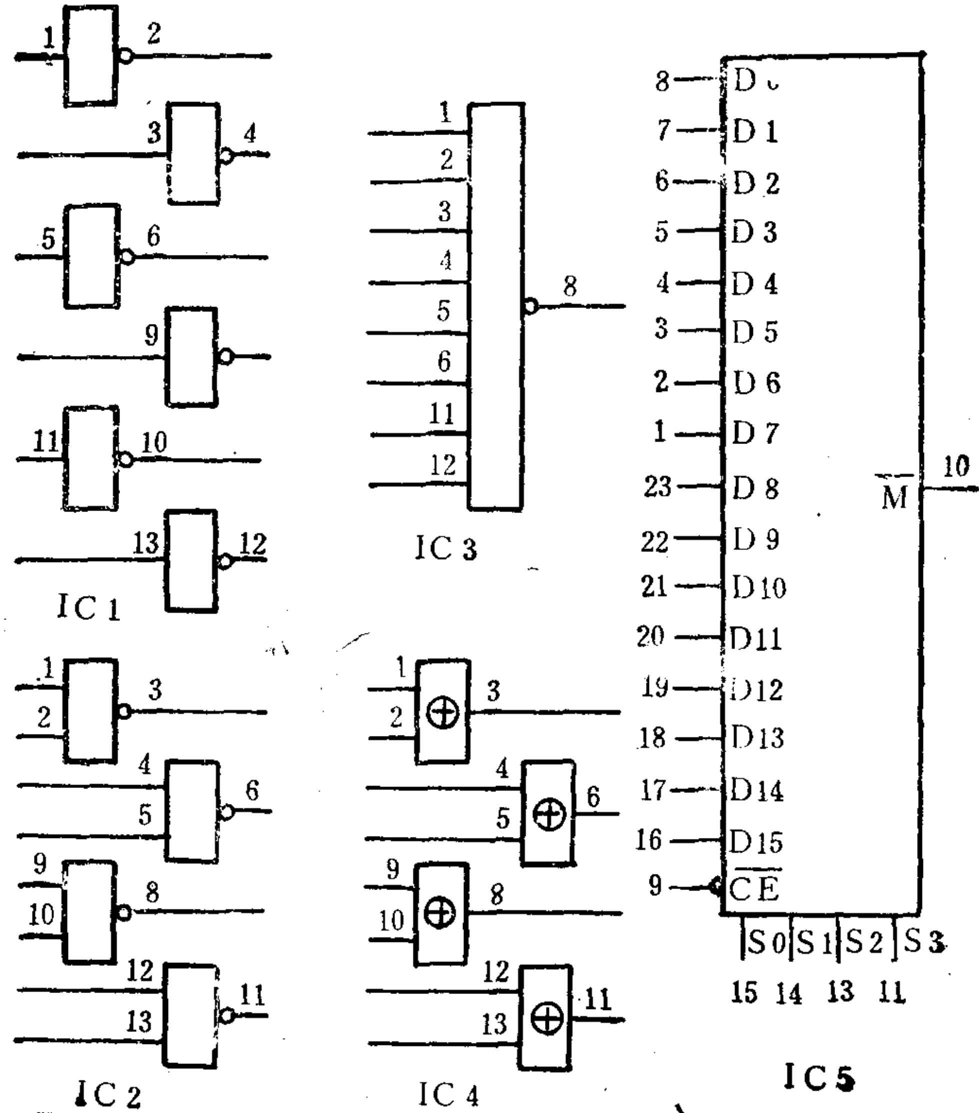
下面要仔细讨论和逐个介绍。读者一次又一次学习教科书的时候，可能留下一些印象，如果选取一些具体例子，自已动手做一些试验，就会对如何在电视屏幕上产生复杂图形的学习有浓厚的兴趣。

这种方法在后面会扩大到活动图形的产生以及图象的运动。读者自已设计和产生的图形应该看成是本章的一个组成部分，要仔细记下那些有趣和十分有用的图形，它们对你今后制作电视游戏机很有帮助。

复杂图形调试板

装配一个类似于第三章介绍的产生线、条和矩形的调试板。如图4-1元件单上所示，除了线/条调试板所需要的反相器和与非门之外，至少还需要一个十六选一数据选择器和一个四异或

门。如果要完成这章中更高级的试验，就需要4个十六选一数据选择器。由于这些大的24脚集成电路在电路板占据太多的位置，所以根据需要将它们附加在电路板上是适宜的。



IC 1—7404　六反相器
IC 2—7400　四 2 输入端与非门
IC 3－7430　8 输入端与非门
IC 4—7486　四异或门
IC 5—74150　十六选一数据选择器

图4-1　复杂图象调整板常用的集成电路

由于有些读者没有具备数字电路的专门知识，对十六选一数据选择器电路的功能要进行专门讨论。图4-2的真值表示十六选一数据选择器电路的工作状况。这一器件有16个单独的数据输

入，从标记D0到D15。它只有一个信号输出端$\overline{M}$。有四个输入选择从S0到S3，还有一个选通端$\overline{CE}$。所有这些输入输出端，再加上+5V和接地端，共24只脚。

$\overline{CE}$	输入选择 S0	S1	S2	S3	输出 $\overline{M}$
1	×	×	×	×	1
0	0	0	0	0	D0
0	0	0	0	1	D1
0	0	0	1	0	D2
0	0	0	1	1	D3
0	0	1	0	0	D4
0	0	1	0	1	D5
0	0	1	1	0	D6
0	0	1	1	1	D7
0	1	0	0	0	D8
0	1	0	0	1	D9
0	1	0	1	0	D10
0	1	0	1	1	D11
0	1	1	0	0	D12
0	1	1	0	1	D13
0	1	1	1	0	D14
0	1	1	1	1	D15

图4-2　74150十六选一数据选择器功能真值表

根据图4-2的真值表，无论何时只要$\overline{CE}$输入逻辑1，这个集成片的输出$\overline{M}$也总是为逻辑1。输入选择端的X表示可取任意状态。实际上，只要$\overline{CE}$=1，$\overline{CE}$输入就能完成封锁集成电路。若置$\overline{CE}$输入为逻辑0，它能使这块集成电路处于正常的多路选择工作状态。

假设$\overline{CE}$输入置于逻辑0，只要满足于这种条件，输出$\overline{M}$就等于16个D输入端中的一个输入的反码。至于在$\overline{M}$端输出哪一个D输入，决定于输入选择端的情况。例如，如果输入选择都置于逻辑0，在$\overline{M}$就出现D0输入的反码。如果选择输入置于二进制

0001 (S3=0, S2=0,S1=0, S0=1) $\overline{M}$的输出就等于D_1输入的反码。

实际上,图4-2的四个输入选择端S代表从二进制0000(十进制0)到二进制1111(十进制15)的4位二进制计数顺序。D输入端用0到15的数字标注,在S输入一个二进制数码就引起相应的D输入在$\overline{M}$端以反码形式出现,并且它是唯一的。

十六选一数据选择器依靠施加到S输入的4位数码,直接把16个不同的输入中的一个传递到输出。如果输入选择连接到4位二进制计数器上,D输入将在$\overline{M}$端依次出现,类似于扫描的形式。这就为采用数据选择器在屏幕上如何产生复杂的图形提供了线索。

为了使复杂图形调试板进行工作,连接图4-3所示74150数据选择器电路,输入选择端S0, S1, S2, 和S3分别连接在行计数信号32H, 64H, 128H和256H上。这些计数信号使得数据选择器从D_0到D_{15}逐个把它们的反码经$\overline{M}$输出。我们还要注意,为了使数据选择器始终处于选通状态,$\overline{CE}$输入端应接地。$\overline{M}$输出直接连接到游戏图形输入端,如图4-3所示。

实验进行到这一步,如果系统工作正常,屏幕上没有显示,也应该没有显示。把D_8输入(23脚)接地,这时屏幕的中间应出现一白条,其宽度应该对应32H信号的白条宽度。

现在从D_8拿走跨接线,将它连接到数据选择器的其它D输入端D_7(1脚), D_9(22脚)和D_{10}(21脚),白条会发生什么现象呢?每次将接地跨接线移到不同的D输入时,白条在屏幕的位置发生变化。读者会发现当D_0、D_1和D_2接地时,就不出现白条,这是因为恰好在行消隐的间隔内。所有其它输入使垂直白条处于屏幕可见区域。

利用图4-3所示的数据选择器把屏幕沿水平方向分成16个相等的部分。每一部分代表数据选择器集成电路的一个输入。在256H, 128H, 64H和16H都等于逻辑0的那一段时间,D_0输入

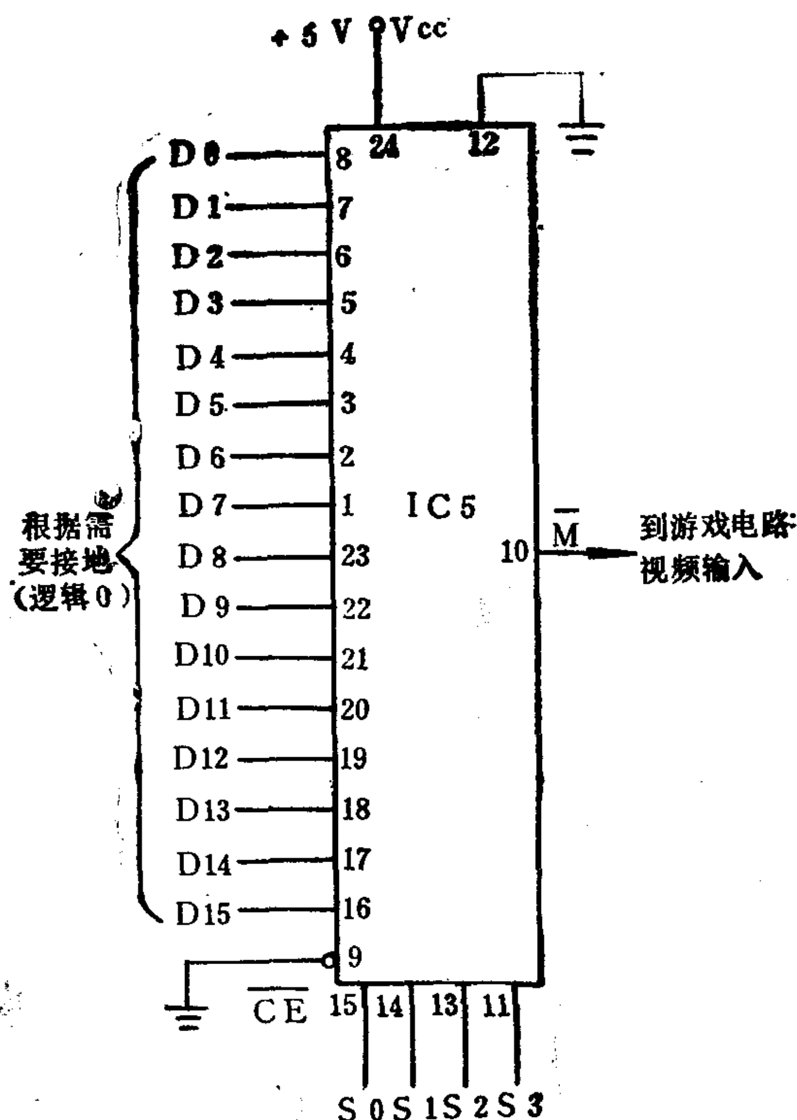


图4-3 74150选择器引脚及名称

端有效，行计数源到这一点开始行消隐周期。数据选择器扫描D0，D1和D2的时间里行消隐一直继续，而一旦数据选择器扫描到D3输入时，行消隐结束。代表输入D3到D15的部分出现在屏幕上有效的工作区域。

当你把D8输入接地时，数据选择器的H计数信号到达D8的扫描位置以前，电路不会发生任何变化。而在H计数达到D8扫描位置时，加在D8的逻辑电平的反码送到原始信号盒的游戏图象输入端，产生一条白线。每当行扫描到达数据选择器选择的D8

输入时，屏幕上就出现一段白色。逻辑0输入移到其它的输入位置，会使行扫描的白色段移动到不同的水平位置。

任何地方都不连接的D输入起逻辑1的作用。所有与地不连接的D输入，在屏幕上产生黑色区域。这就是为什么这个实验在黑色背景上有一白条。

多连接几个D输入到逻辑0，然后注意它的效果。如果16个输入端全部都接地，整个屏幕就呈白色。

把这个数据选择器看做一种存贮器，它能存贮16位数据，每一位都能被数据选择器S输入端的信号，按顺序寻址。

在S0，S1，S2和S3用场计数信号代替行计数信号时，一定要把最高位的V计数信号连接S3，较高的V计数信号接S2，以此类推直到S0。如果在这一点上将顺序颠倒，就会引起混乱。

地址矩阵概念

由于加在S端的0和1信号构成16种不同的组合。数据选择器16个D输入的每一个，对应16种不同组合中的一种，所以，这16位地址就有可能组成矩阵图案。

这章前面部分介绍的实验假定矩阵为1个单位宽，16个单位长。屏幕上16个离散的线段构成横条还是竖条，决定于S输入端与行计数源还是与场计数源连接。

如果S的两个输入S0和S1连接H计数信号，而另外二个输入S2和S3接到V计数源，D输入寻址会发生什么现象呢？具体地讲，将S0接16H，S1接32H，S2接16V，S3接32V。最后得出图4-4（a）的4×4矩阵，而不是产生一排16格矩阵。

H计数脉冲决定这个小矩阵的水平位置，V计数脉冲决定垂直坐标。例如，无论何时两个计数脉冲表示等效的十进制2，两个V计数信号也是十进制2时，D10的地址就被选中。

为了更好地理解地址矩阵概念，请按图4-4（b）连接数据

选择器。每一个与逻辑0连接接地的D输入都在屏幕上产生一个白色的区域。（数据选择器将数据反相）因此，屏幕上的图形应该与图4-4（b）对应。

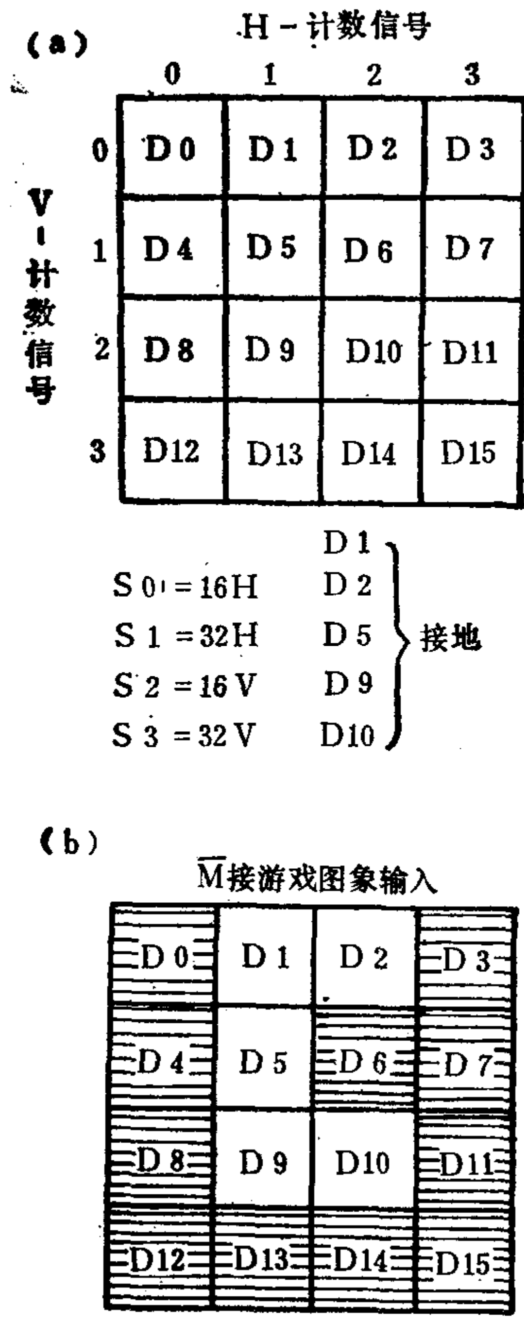


图4-4　最简单的4×4图形矩阵（a）基本矩阵格式（b）4×4矩阵电路产生简单图形的技术条件

在屏幕上一定会有更多的方格图形。因为在每一次行和场扫描周期内，线路能多次产生小矩阵图。

如果你开始掌握了这里发生的变化，当把D6输入（2脚）接逻辑0时，你应该能预测发生的结果。图4-4（b）标明D6的地方原来为黑色区域，现在把白色C字图形转变成白色矩形。将连接到D5的接地线断开，注意产生的结果。如果保留D6与逻辑0连接，在屏幕上会得到反的C字图形。

依次在D1、D2、D5、D6的位置用高低逻辑电平做实验并注意产生的结果，记下你认为将来会有用的图形的连接方式。

在信号加到**游戏图象输入**以前，将数据选择器$\overline{M}$输出信号经过反相器，你会发现屏幕上的黑白相互颠倒。也许今后我们需要在白色背景上出现黑方块。

开窗口矩阵显示

同一时刻在屏幕上出现许多相同的图形可以产生一些有趣的直观印象，但是这些相同的图形容易混淆，而且通常在给定时间内我们不希望在屏幕上显示几个复杂的图形。去掉所有矩阵图形，只留下一个，这就是在屏幕指定的位置上，环绕图形建立窗口问题。

图4-5是标准的16格矩阵电路，其中包括安装在IC5附近的窗口元件。IC3的输出直接和数据选择器的输入$\overline{CE}$相连。只要它的输出端在逻辑0，数据选择器就在$\overline{M}$端产生矩阵图象信号。当与非门的输出升到逻辑1时，整个数据选择器工作就停止了。

IC3的输入来自行和场计数源。一个动脑筋的人将会发现这个与非门的作用类似于第三章介绍的产生矩形电路的作用。开窗口矩阵显示所包括的内容是：产生一个矩形只包围某一矩阵，而排除其它所有的矩阵。

按图4-5基本的16格矩阵发生器连接电路，窗口与地址的输入接法如下：S0＝32H，S1＝64H，S2＝32V，S3＝64V；窗口输入用128H，256H和128V，不连接D输入，这时，在屏幕右下边象限里出现一个白色方块。现在有趣的事开始了。

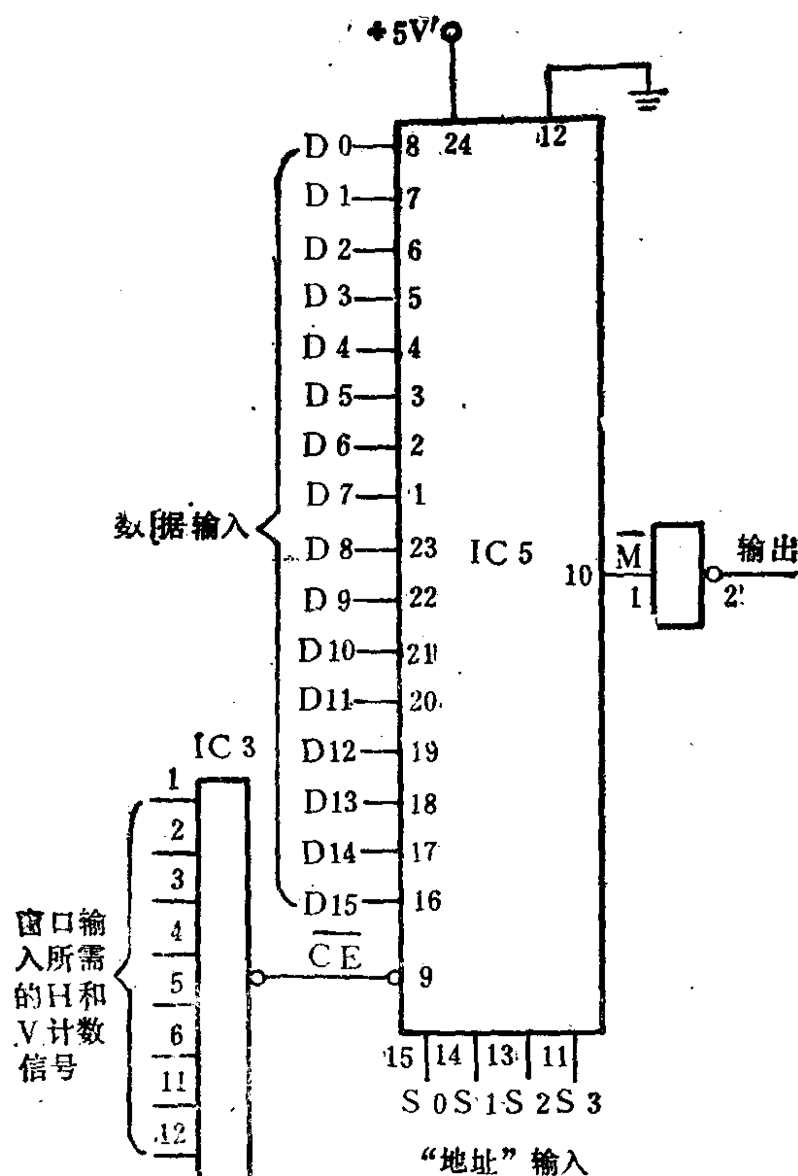


图4-5　基本的16格矩阵发生器电路

屏幕上的长方形表示图4-4（a）中的4×4矩阵。由于数据选择器的输出在加到游戏图象输入之前，已经过一级反相器，所以它随着加在D输入端的逻辑1电平在屏幕产生白色矩阵方格。又因为TTL集成电路任何悬空的输入端都自动地满足逻辑1的条件，所以矩阵都是由白色方格填满。

将一根跨接线的一端与地连接，另一端与多路选择器的几个不同的D输入端相接触。你会发现，在D输入端施加一个逻辑0电平就引起屏幕上相应的方格变成黑色。如果将跨接线从D0到

D15依次连接，矩阵上的黑方块也会按照移动的方向依次变化。

在4×4窗口矩阵上产生复杂的图形

用图4-5的电路产生复杂图形，就是连接相应的D输入到逻辑0，去掉白方格的问题。如果你对此十分有兴趣，可以拿这个电路玩一个多小时。

图4-6表示一些复杂图形，它帮助你开始试验。图形的黑色

选择：S 0 =32H　　窗口：256 H，
　　　S 1 =64H　　　　　128H
　　　S 2 =32 V　　　　　128 V
　　　S 3 =64 V

数据：逻辑 0 （接地）产生黑方格
　　　逻辑 1　悬空　产生白方格

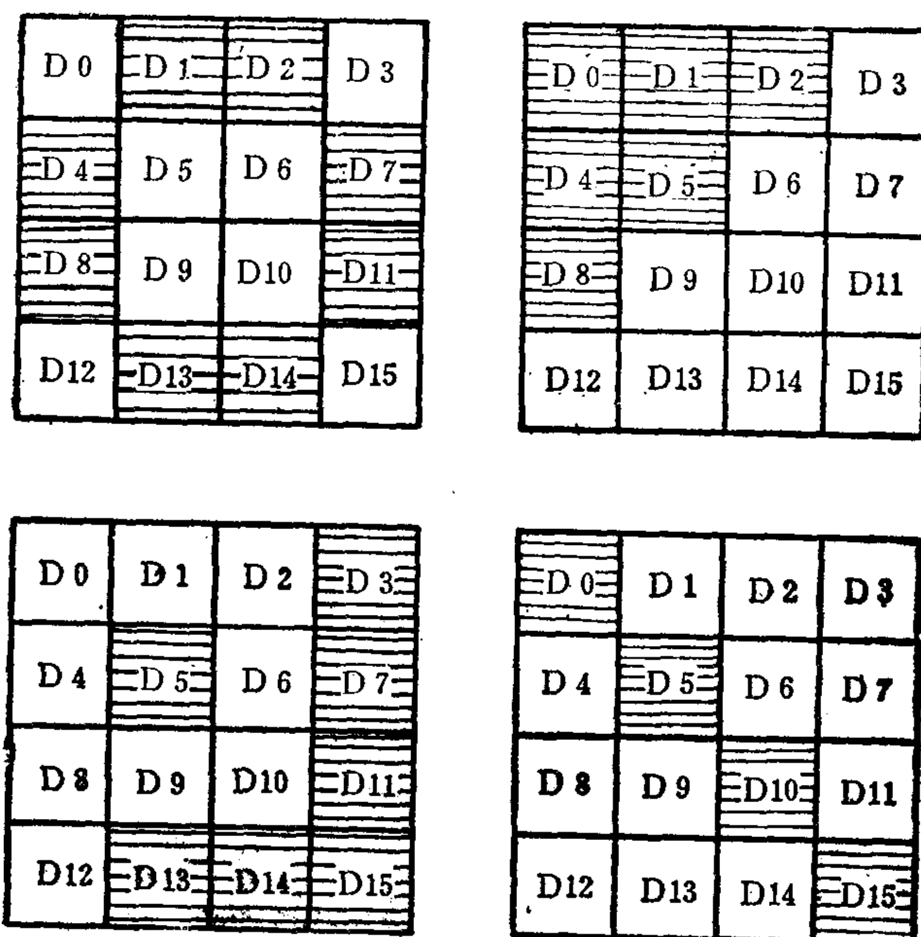


图4-6　16格矩阵发生器的若干试验图形，全部图形都采用4×4格式

方格表示相应的D输入接逻辑0（接地）．白色方格表示D输入未与任何输入相连。

通常，最好记下与你产生的图形有关的输入技术条件。

做完这个电路实验之后，再使屏幕显示的图形变得更小些。把矩阵的尺寸缩小一倍，那么就应把数据选择器的S输入换到低一级的行和场计数源：S0＝16H，S1＝32H，S2＝16V，S3＝32V。窗口的尺寸也必须减小，否则将会在原来窗口的位置内产生4个相同的图形。将64H和64V的反相或未反相的形式加到IC3的窗口输入端，窗口的尺寸就可以减少。

到现在为止介绍的基本矩阵都是由16个方格排成4×4图案组成的。改变排列的形式，产生2×8或8×2形式的16个方格矩阵也是可能的（第一个数字表示水平方格的数目，第二个数字表示垂直方格的数目）。

图4-7表示产生这两个不同类型16格矩阵的技术条件。产生2×8矩阵时连接S0到32H，S1到32V，S2到64V，S3到128V。这种情况下的电路仅用了一个选定的行计数信号和三个场计数信号，因此矩阵的高度比它的宽度长。

改变宽度和高度的比也改变窗口的形状。注意图4-7（a）中窗口数据的变化。

如果要在图4-7（b）所示的8×2矩阵内产生复杂的图形，只要把选择输入和窗口输入加以组合就可以．这在前面已有叙述。

在上述任一种情况下，仍然通过把指定的D输入接逻辑0来消除白色方格，同时使某一D输入完全不连接来保持一个白方格。

仔细比较图4-4（a）和图4-7产生矩阵电路的形状、选择端和窗口技术要求。3个图形都是16个方格，这是相当明显的。而且有个更微妙的特性，矩阵宽乘高的乘积，必须等于16。例如，用16个方格电路建立3×5矩阵是不可能的。虽然你并没有

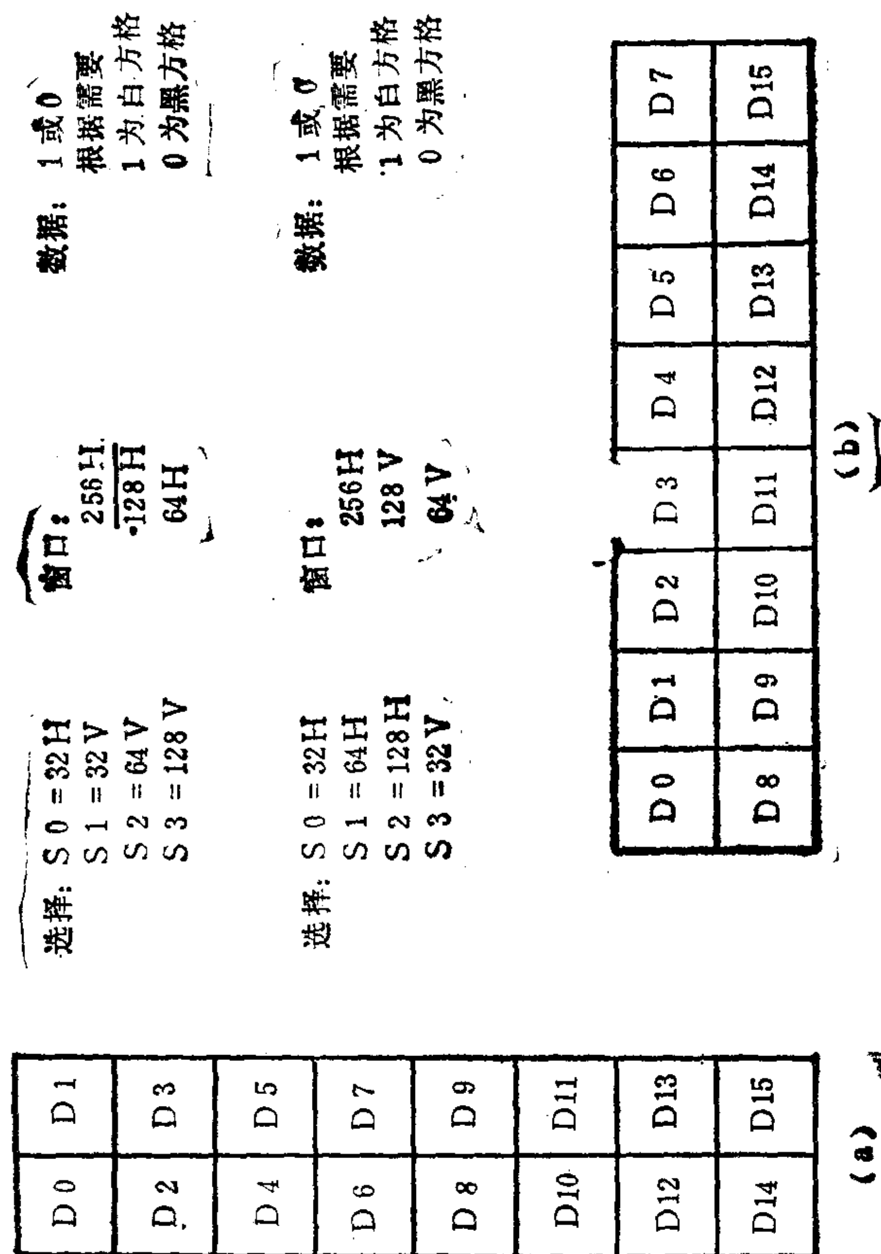


图4-7 不用4×4格式组成16格矩阵
(a) 2×8格式 (b) 8×2格式

利用全部方格（图4-4（b）占了2×3个位置），但是你必须在基本的矩阵图形中考虑它们。

以这个16格基本矩阵为工作对象改变选址和窗口条件，直到你真正了解电路如何工作。当你对实验感到有点单调时，就可进入下一阶段的设计，建立扩展矩阵。

扩展矩阵

用基本的4×4矩阵实验了一阵以后，你会得到一个结论：4×4矩阵不能产生许多有趣的图形。电视图象的多样性、清晰度和整个质量，直接和矩阵中的方格数目成正比，但是，基本的16方格矩阵太简单，用途不大。

应用简单的矩阵扩展方法，在任何基本矩阵中使方格数目增加一倍是可能的。例如，利用这种方法把图4-4（a）中的4×4矩阵迅速地换成32格，4×8格式的矩阵。

D0	D1	D2	D3
D4	D5	D6	D7
D8	D9	D10	D11
D12	D13	D14	D15
D0E	D1E	D2E	D3E
D4E	D5E	D6E	D7E
D8E	D9E	D10E	D11E
D12E	D13E	D14E	D15E

选择：S0=16H
S1=32H
S2=16V
S3=32V

窗口：256H
$\overline{128H}$
64H
128V

数据：
1、0、64V
或$\overline{64V}$根据需要选定

4×8 扩展矩阵

图4-8　基本的16方格电路形成4×8扩展矩阵的选择端、窗口和D输入端技术条件举例

本书所用的矩阵扩展方法其特点之一是在增加方格数目时，并不对基本矩阵产生电路增加任何硬件。图4-8产生32方格矩阵电

路完全和图4-5中16方格电路的连接方法一样。

不增加更多的硬件使矩阵产生电路的基本方格数目增加一倍是可能的。这是提高工程效率一个很好的例子。

基本的16方格矩阵和它的32方格扩展矩阵的技术条件真正不同之处仅仅是D输入的方式。基本的矩阵要求输入是逻辑1或者逻辑0，而扩展的矩阵要求逻辑1，0，反相和未反相的场计数信号。比较图4-8扩展矩阵和图4-6基本4×4矩阵的D输入技术条件。

最好首先实验一下这个电路，而不要急于学习更深的工作原理。

使用图4-5基本的16格矩阵发生器的电路，改变它的选择端和窗口的技术要求，如图4-8所规定的。这时D输入端不要做任何连接。

完成了最基本的接线步骤后，你应在屏幕的右下象限里发现一个4×16的白色矩形。这是所有的D端都等于逻辑1时扩展的4×8矩阵。

把跨接线的一端接地，用另一端接触数据选择器的D0输入端。这时，你会发现屏幕上出现两个黑色方形。一个在矩阵的D0位置；另一个在D0E的位置。这是最重要的一点。加在数据选择器16个D输入的任一输入端的逻辑0电平，均产生两个黑色矩形。一个矩形出现在指定的D输入位置，另一个矩形出现在扩展矩阵中相应的位置。

依次把逻辑0跨接线接在所有16个D输入端，而且注意它怎样同时消除2个方格。当然也可以把16个D输入都接到逻辑0上，最后32个矩阵方格同时变成黑色。

图4-8扩展矩阵图的矩形上半部，是一般的4×4图案排列的16方格。矩形下半部由另一个4×4矩阵标明D0E、D1E、D2E等方格组成。后缀"E"表示扩展的矩阵方格。无论何时上半部矩阵的一个方格被D输入接地而变黑，矩阵下半部相应扩展的方

格也变黑。

同一时刻产生两个黑方格的方法是个好办法，但它并不是非常有用（除非你有时要产生对称的图形）。所以这一步是无关紧要的。去掉数据选择器D输入的全部接逻辑0的连线，跨接线的一端接64V计数源，跨接线的另一端接数据选择器的D0输入，这时在矩阵D0的位置只有一个黑色方格，不再出现把D输入接到逻辑0时产生两个方格的现象。

把64V计数源依次接到数据选择器所有的D输入，每次接入一个就能够把上半部矩阵的16个方格中的任一个变黑，但是不会把下半部矩形的任何一个扩展矩阵方格变黑。

下一步，将64V计数源通过一个反相器得到$\overline{64V}$信号，然后把64V信号接到数据选择器的D输入端，并注意屏幕上产生的变化，其结果是$\overline{64V}$信号将下半部矩形中的方格变黑，而对上半部矩形中的方格毫无影响。

把逻辑0，64V和$\overline{64V}$不同组合连接到数据选择器的输入端，观察每种情况所发生的变化，继继对它进行实验直到你掌握这一重要的矩阵扩展方法的实质。

用矩阵扩展方法设计图形的一般规则如下：

·如果要求矩阵的上半部的一个方格和它的下半部扩展矩阵对应方格都是白色，数据选择器相对应的D输入不要连接。

·如果要求矩阵上半部的一个方格和它的下半部扩展矩阵对应方格都是黑色，数据选择器相对应的D输入接逻辑0。

·如果要求矩阵上半部的一个方格是黑色，它的下半部扩展矩阵对应方格是白色，则把未反相的64V计数源接到数据选择器适当的D输入端。

·如果要求矩阵上半部的一个方格是白色，它的下半部扩展矩阵对应方格是黑色，则把反相的64V计数源接到数据选择器适当的D输入端。

用扩展矩阵电路设计固定图形的这一套规则初看起来非常复

杂，但用这个电路做过实验之后，就会一目了然。

图4-9表示产生S图形的矩阵图案、选择端、窗口和D输入的技术条件。D输入的技术条件应遵循上述一般规则。例如，D0、D0E两个方格都是白色，因此，数据选择器的D0输入不需要任何连接，另一方面，D9和D9E两个方格位置要求是黑色，所以数据选择器的D9输入端接逻辑1。

D0	D1	D2	D3
D4	D5	D6	D7
D8	D9	D10	D11
D12	D13	D14	D15
D0E	D1E	D2E	D3E
D4E	D5E	D6E	D7E
D8E	D9E	D10E	D11E
D12E	D13E	D14E	D15E

选择： S0 = 16H
S1 = 32H
S2 = 16V
S3 = 32V

窗口： 256H
$\overline{128H}$
64H
128V

数据： D9 = 0
D10 = 0
D4 = $\overline{64V}$
D5 = $\overline{64V}$
D6 = $\overline{64V}$
D13 = 64V
D14 = 64V
D15 = 64V

其余D输入均为逻辑 1

图4-9　在4×8扩展矩阵内形成S图形的条件

D13和D13E方格位置颜色相反：D13是黑色而它的扩展矩阵对应的方格D13E是白色，则把未反相的64V信号加到数据选择器的D13输入端。最后D4和D4E分别是白色和黑色，所以把反相的$\overline{64V}$信号加在数据选择器的D4输入端。

图4-10中两个图形是4×8扩展矩阵设计的例子。问号图形在屏幕上看起来非常有趣。在后面的电视游戏中它作为一些可疑动作的反应。

学习和实际应用扩展矩阵技术以后，读者设计自己需要的图

（a）选择：S 0 = 64H　S 1 = 32H　S 2 = 6 V　S 3 = 32 V
窗口：256 H　$\overline{128\text{ H}}$　64 H　128 V
数据：D 0、D 3、D 6、D 8、D 9、D 10、D 12、D 15 为 0
D 2、D 4、D 7、D 11、D 14 为$\overline{64\text{ V}}$　D 1 为 1
D 5、D 13、为64 V

（b）选择：S 0 = 16H　S 1 = 32H　S 2 = 64H　S 3 = 16V
窗口：256 H　$\overline{128\text{ H}}$　128 V　$\overline{64\text{ V}}$
数据：D 3　D 7　D 9　D 11　D 13　D 15 为 0
D 5　D 10 为32 V　其余为 1

D 0	D 1	D 2	D 3
D 4	D 5	D 6	D 7
D 8	D 9	D 10	D 11
D 12	D 13	D 14	D 15
D 0 E	D 1 E	D 2 E	D 3 E
D 4 E	D 5 E	D 6 E	D 7 E
D 8 E	D 9 E	D 10 E	D 11 E
D 12 E	D 13 E	D 14 E	D 15 E

D 0	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7
D 8	D 9	D 10	D 11	D 12	D 13	D 14	D 15
D 0 E	D 1 E	D 2 E	D 3 E	D 4 E	D 5 E	D 6 E	D 7 E
D 8 E	D 9 E	D 10 E	D 11 E	D 12 E	D 13 E	D 14 E	D 15 E

图4-10　扩展矩阵图形的例子
(a) 在4×8扩展矩阵的问号 (b) 在8×4扩展矩阵中的字母PH

形就十分容易。请抄下图4-8的矩阵图形，在适当的位置上用铅笔把方格涂黑。虽然没有必要用上述例子给出的相同的选择和窗口技术条件，但是如果要改变的话，读者必须记住矩阵不能比这些例子中所确定的大。尺寸太大则放不进屏幕。因此，通过改变行和场计数源的技术条件使矩阵变小是可能的。读者还可以改变

窗口的技术条件来变换矩阵的位置。

在矩阵图上，将适当的方格涂黑，画出草图，然后调整所需要的选择端和窗口，并根据草图和前面介绍的4条扩展矩阵的规则确定D输入。

用相对比较大的矩阵来产生原始图形，是很有帮助的。当你对这些技术条件感到满意之后，就可通过降低选择输入的位数以减小矩阵的尺寸。例如，根据图4-10（a）问号的选择和窗口技术条件建立的图形，原来是相当大的，通过将选择输入的技术条件置于4H、8H、4V和8V，将窗口置于256H、$\overline{128H}$、64H、32H、16H、126V、64V和32V，问号图形能大幅度地减小。送到D输入的V计数信号应该是16V和$\overline{16V}$而不是用作大图形的$\overline{64V}$和64V。

当你对这个问号产生兴趣时，为什么不试试其它图形？用前面刚介绍的小图形选择和D输入。我们可以用一个异或门取代8输入与非门，而不用8输入与非门产生小窗口。把32H和32V信号送给异或门的输入，再将异或门的输出送给数据选择器的$\overline{CE}$端，就会产生一个你所理想的图形。

折叠扩展矩阵

扩展矩阵的方法使建立矩阵排列的图形的方格数目增加一倍。这种技术对能产生的图形的类型没有什么限制，需要的硬件也不比基本的矩阵产生电路多多少。

这里介绍的折叠矩阵电路再一次使方格数目增加一倍，例如一个基本4×4矩阵，用扩展矩阵的方法变成4×8的矩阵，再用折叠技术变成8×8矩阵。

但是，在折叠条件下产生的图形有一些限制，需要附加一些异或门。尽管折叠技术有一些局限和需要增加硬件，仍经常被采用。

图4-11表示8×8扩展折叠矩阵图和必须加到图4-5基本的4×4矩阵发生器的附加电路。

8×8扩展折叠矩阵

D0	D1	D2	D3	D3F	D2F	D1F	D0F
D4	D5	D6	D7	D7F	D6F	D5F	D4F
D8	D9	D10	D11	D11F	D10F	D9F	D8F
D12	D13	D14	D15	D15F	D14F	D13F	D12F
D0E	D1E	D2E	D3E	D3EF	D2EF	D1EF	D0EF
D4E	D5E	D6E	D7E	D7EF	D6EF	D5EF	D4EF
D8E	D9E	D10E	D11E	D11EF	D10EF	D9EF	D8EF
D12E	D13E	D14E	D15E	D15EF	D14EF	D13EF	D12EF

16H
64H
32H
16V
32V
S0
S1
S2
S3
去选择器选择输入端
线路其余部分同图4-5

选择端： S0＝16H F 64H　S1＝32H F 64H　S2＝16V　S3＝32V

窗口： 256H　$\overline{128H}$　128V

数据： 根据需要选定　1，0，64V，$\overline{64V}$

图4-11　从基本的16格发生器电路产生8×8扩展折叠矩阵的矩阵图形和附加电路。选择、窗口、和数据输入的技术条件的举例

对图4-11的矩阵图进行大致的了解就可以看出：原始的4×4矩阵位于左上象限。这个象限里每一个方格的符号都完全与图4-5数据选择器D输入相对应。

这个8×8矩阵的左下象限是左上象限的扩展形式。换句话说，这个8×8矩阵的左半边只不过是4×8的扩展矩阵，它在本章

前面部分已经叙述。

这个矩阵的右半边是折叠部分。所有的折叠方格都有后缀"F"它清楚地表明它们属于矩阵折叠那半边。

我们将矩阵的左半边方格符号和右半边方格符号比较以后，发现右半边图形实际是左半边图形的镜象。例如，折叠方格D3F是居于中线右边的一个方格，而它对应的方格D3则处于中线的左边。D0在上边的一个角，而D0的折叠形式就出现在上面相对的角上。

8×8矩阵的右半边是左半边的镜象，这意味着用这种格式的任何图形都必须是在垂直中线两侧左右对称的。初看起来它好象

D0	D1	D2	D3	D3F	D2F	D1F	D0F
D4	D5	D6	D7	D7F	D6F	D5F	D4F
D8	D9	D10	D11	D11F	D10F	D9F	D8F
D12	D13	D14	D15	D15F	D14F	D13F	D12F
D0E	D1E	D2E	D3E	D3 EF	D2 EF	D1 EF	D0 EF
D4E	D5E	D6E	D7E	D7 EF	D6 EF	D5 EF	D4 EF
D8E	D9E	D10E	D11E	D11 EF	D10 EF	D9 EF	D8 FE
D12E	D13E	D14E	D15E	D15 EF	D14 EF	D13 EF	D12 EF

选择：S0 = 16H F 64H　　8H
S1 = 32H F 64H　　$\overline{8H}$
S2 = 16V　　128V
S3 = 32V

数据：$D0 = \overline{64V}$　　D9 = 64V
D1 = 0　　D12 = 64V
$D2 = \overline{64V}$　　D13 = 0
D3 = 64V　　D14 = 64V
$D5 = \overline{64V}$　　$D1 = \overline{64V}$

图4-12　用8×8扩展折叠矩阵电路产生的赛车图形和技术条件

是非常严格的限制，事实证明很多有趣和有用的图形都有对称（镜象）的性质。图4-12赛车图形就一个很好的例子。

为了在对称的条件下取得折叠的效果，在把16H和32H信号加到数据选择器选择端以前，先通过异或门。每一个异或门的一个输入又与64H相连。当64H处于逻辑0时，S0和S1的输入端就出现16H和32H未反相的形式。当64H变到逻辑1时，S0和S1就呈现16H和32H的反相形式。

只要64H在逻辑0，电路就产生正常的矩阵和扩展矩阵图形。但是一旦64H升到逻辑1，它将有效地使行扫描反相工作。例如，沿着方格第一排扫描时，S0和S1出现代表正常顺序的0、1 2、3二进制电平，在D3末端，异或门开始相反的顺序3、2、1、0。这样，一个相反的镜象就沿着矩阵右半边出现了。

按照图4-5 16格矩阵发生器连接基本的4×4矩阵产生电路，然后按图4-11所示加入两个异或门。最后，确定选择端和窗口的技术条件。（S0＝16HF 64H 的选择状态解释为“S0等于64H折叠16H”的意思）。

采用这些技术条件以后，在屏幕的右下角附近出现一个大的白色矩形。

为了对逐渐掌握8×8扩展折叠矩阵的工作情况有一个感性认识，把数据选择器的D输入从D0到D15依次接到逻辑0。当D0接到逻辑0时，在D0、D0F、D0E和D0EF应出现四个黑色方块。事实上在任何时刻，数据选择器的一个D输入端接逻辑0时，就应该出现4个黑色方块。4个方块分别代表原来D位置、它的扩展对应部分及原来和扩展方块的两个折叠形式。

无论何时数据选择器任意的一个D输入接64V时，矩阵上半部都应该有一对黑方块，右边的方块是左边的镜象，用同样的方法，数据选择器任意一个D输入与反相的$\overline{64V}$连接时矩阵的下半部产生一对黑方块。

这里运用了产生4×8扩展矩阵图形的4个规则，如果你已经

掌握了前面的方法并做好了充分的准备，你就完全有能力建立扩展矩阵图形

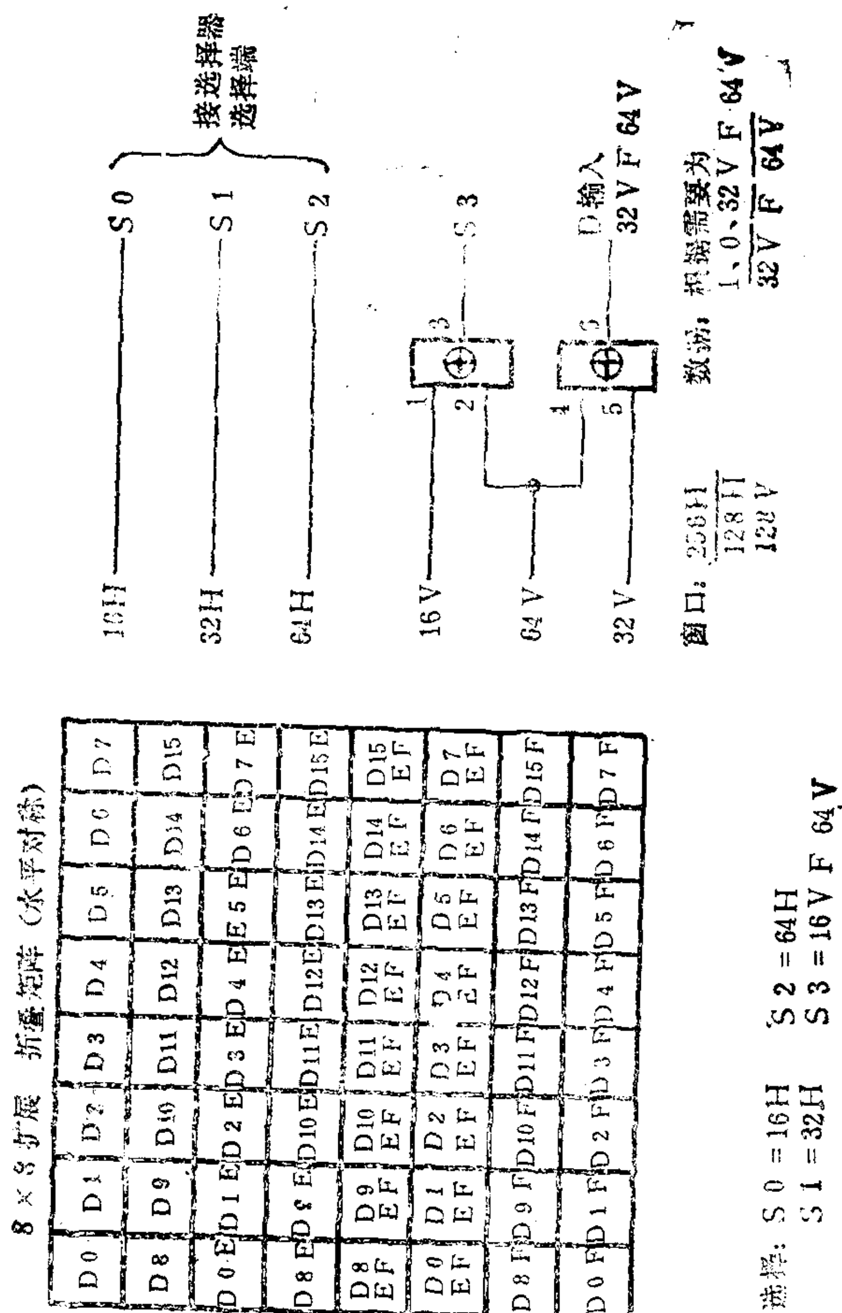


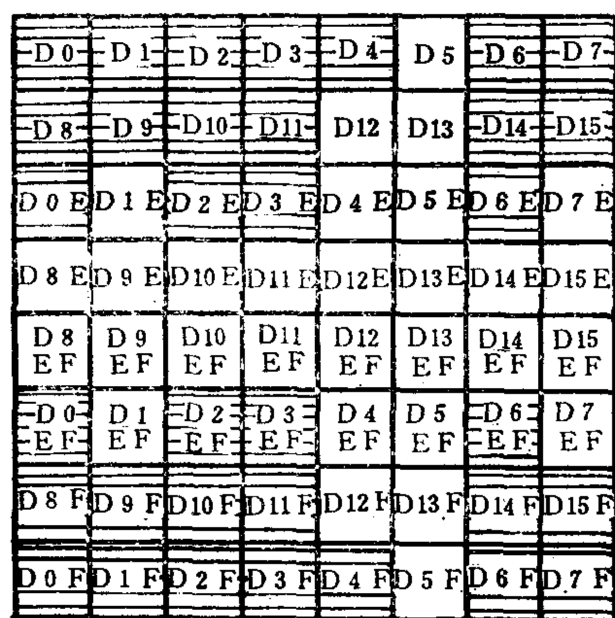
图4-13　8×8扩展水平折叠矩阵的结构、电路和技术条件

图4-12是8×8扩展折叠图形的一个例子。它是产生两个不同的电视游戏中的赛车图案。用图形中给出的选择端、窗口和D输入端技术条件产生一个相当大的赛车图形。建立以后（也许在式样上作了一些改进）可通过按比例缩小一、二级以减小它的

尺寸。

为什么不设计几个对称垂直中线的更有趣和更有用的图形呢？例如，设计一个火箭或一些星星，中心为黑色的方块和三角形等。

图4-13表示把8×8扩展折叠矩阵转化成对称于水平中心线的矩阵的电路。三个较低位的行计数信号加到选择输入端S_0、S_1和S_2，而S_3输入端是16V折叠形式。注意产生扩展矩阵效果的32V信号加到数据选择器电路合适的D输入端以前，也必须被折叠。



选择： S0＝16H　S1＝32H
　　　 S2＝64H　S3＝16V F 64V

窗口： 256H　$\overline{128H}$　128V

数据： D0＝0　D1＝32V　D2＝0
　　　 D3＝0　D4＝32V
　　　 D6＝0　D7＝32V
　　　 D8＝32V　D9＝32V
　　　 D10＝32V　D11＝32V
　　　 D14＝32V　D15＝32V

图4-14 用水平折叠的8×8扩展矩阵产生的飞机图形和技术条件

图4-14是8×8扩展水平折叠图形的一个例子。本章每一个矩阵产生的图形都一样，按比例减少所有的场和行计数信号可以减

小图形的尺寸，采用图4-14的技术条件，飞机将占据屏幕右下象限大部分位置。

图4-15表示以图4-5 16格矩阵发生器电路为基础的另一种64方格扩展折叠矩阵形式。在这个例子里，矩阵排列成4×16，对称于垂直轴。采用这里给出的选择、窗口和数据的技术条件，这个特殊的矩阵对建立导弹图形非常有用。请看图4-16介绍的导弹。

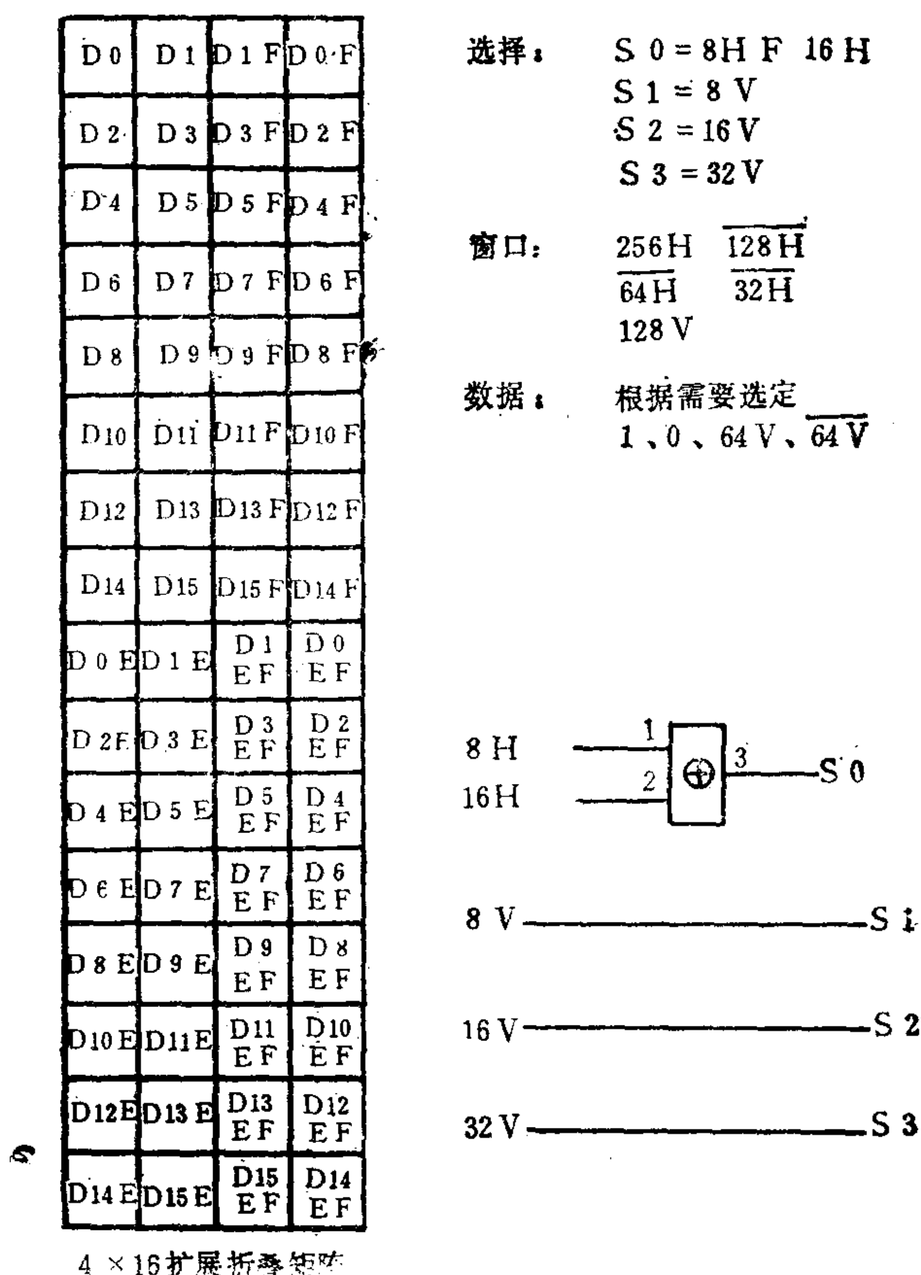


图4-15　4×16扩展折叠矩阵的结构、电路和技术条件

D0	D1	D1 F	D0 F
D2	D3	D3 F	D2 F
D4	D5	D5 F	D4 F
D6	D7	D7 F	D6 F
D8	D9	D9 F	D8 F
D10	D11	D11 F	D10 F
D12	D13	D13 F	D12 F
D14	D15	D15 F	D14 F
D0 E	D1 E	D1 EF	D0 EF
D2 E	D3 E	D3 EF	D2 EF
D4 E	D5 E	D5 EF	D4 EF
D6 E	D7 E	D7 EF	D6 EF
D8 E	D9 E	D9 EF	D8 EF
D10 E	D11 E	D11 EF	D10 EF
D12 E	D13 E	D13 EF	D12 EF
D14 E	D15 E	D15 EF	D14 EF

选择：S0 = 8H F16H
S1 = 8V
S2 = 16V
S3 = 32V

窗口：256H
$\overline{128H}$
$\overline{64H}$
$\overline{32H}$
128V

数据：D0 = 0
D2 = 0
D4 = 64V
D8 = 64V
D10 = 64V
D11 = $\overline{64V}$
D12 = 64V
D13 = $\overline{64V}$
D14 = 64V
D15 = $\overline{64V}$

图4-16　在4×16扩展折叠矩阵内建立的垂直导弹图形

学习了上述折叠工作原理之后，读者可用16×4矩阵产生一个导弹图形，使它沿水平中心线折叠。

32方格矩阵发生器的工作

图4-5电路是一个基本的16方格矩阵发生器，运用扩展矩阵和矩阵折叠的方法，可以建立32方格和64方格矩阵，它产生的图形唯一的限制就是64方格形式仅适用于对称的图形。

用刚才介绍的系统演示图象非常有趣，但是根据亲身经验，人们有时很难分辨屏幕上的物体代表什么意思。即使采用了64方格建立图形，分辨率仍然太低，一些人仍难分清图形代表什么。在这种情况下，便要着眼于产生较高分辨率的矩阵发生器。

图4-17的电路用了两个十六选一数据选择器电路。这个基本

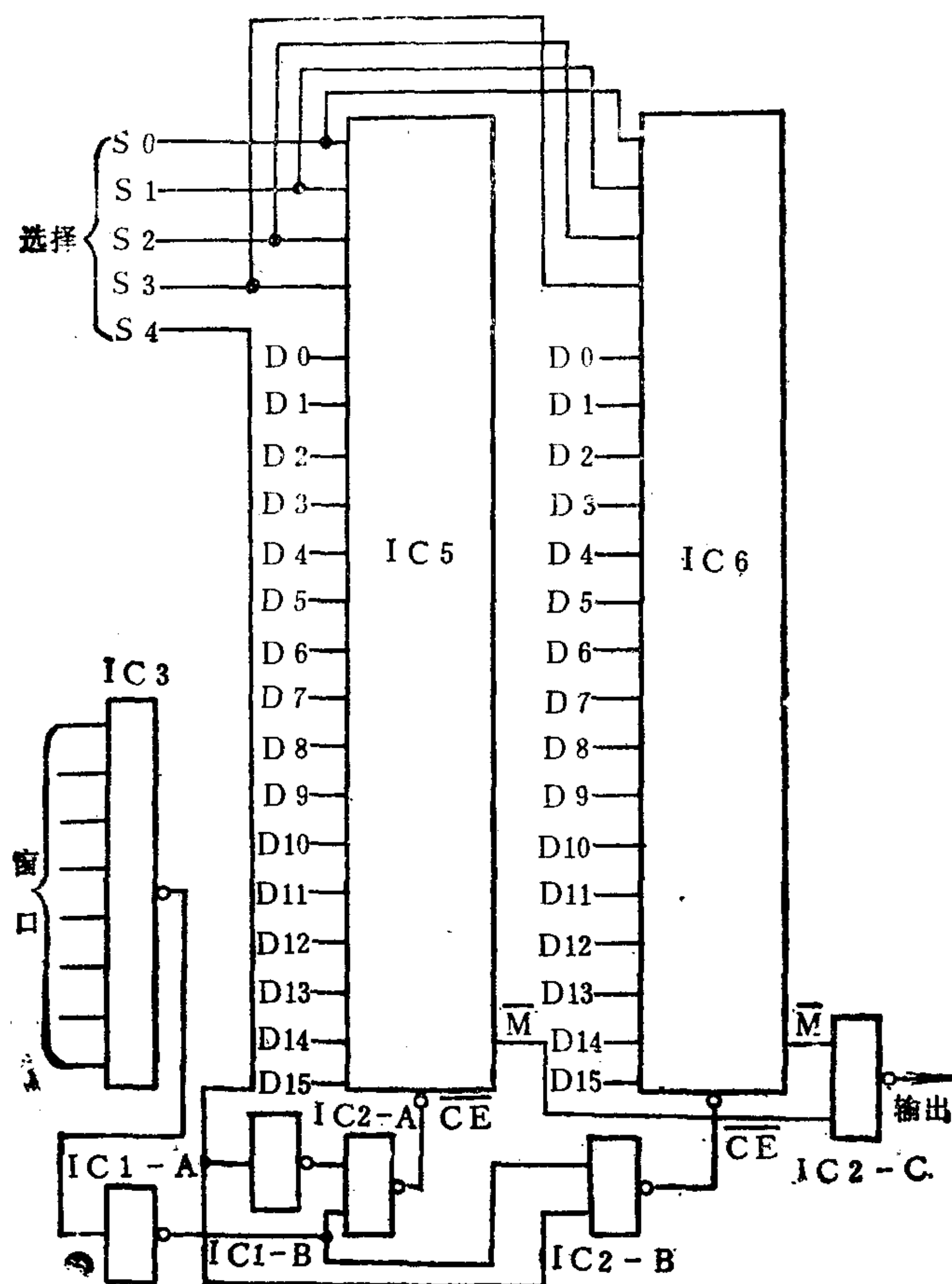


图4-17 基本的32方格矩阵发生器电路这个系统的分辨率比图4-5基本的16方格电路增加一倍。

系统产生32个方格（有32个D输入，从D0到D31），如果把扩展矩阵技术运用到这个系统，有用的方格数目就能达到64个。我们要是把折叠技术也运用上去，则能产生128个方格的对称图形。

IC5和IC6是相同的集成电路。事实上，这两个相同的数据选择器，它们都用于本章前面已经介绍的所有复杂图形电路之中。然而，应注意这个系统有5个选择输入，从S0到S4，而每一个数据选择器集成电路仅有4个输入端。

我们控制每一个数据选择器的4个基本选择输入，将它们并联连接，IC5的15脚接IC6的15脚，IC5的14脚接IC6的14脚，等。两个数据选择器集成电路的选择输入并联后，送到系统选择输入S0到S3端。

运用上述并联选择，两个数据选择器总是以同样的方法被准确选择。如果系统选择输入选择IC5的D2输入，它也必然选择IC6的 D2 输入（6脚）。就系统选择输入S0到S3而论，它们同时在两块集成片上选择同样的数据输入，这个电路的工作非常象一个双层旋转开关。

那么，S4输入起什么作用呢？S4输入的目的是确保两个数据选择器不能同时启动。例如，如果第5位S输入接逻辑0电平，则使IC5启动，IC6截止。另一方面，若置S4为逻辑1，便使IC5截止IC6启动。

IC5和IC6可以同时截止或根据S4的逻辑状态，使一个截止一个启动，但是不可能使两块集成电路同时启动。本节后面要叙述的窗口电路使两个数据选择器截止。

现在同时考虑所有5个系统选择输入，只要S4选择输入处于逻辑0，4个低阶的选择输入S0到S3状态选择IC5 16个数据输入中的一个，它的反相形式在IC5的第10脚出现。此时，IC6截止。虽然S0到S3的选择输入能够选择16个输入中的一个送到IC6，但是IC6的第10脚仍保特在逻辑1，阻止输出。

当S4变为逻辑1时，IC5和IC6的作用改变。IC5截止，IC6

输出选择的信号到第10脚。

只要选择输入S_4在逻辑0，数据输入D0到D15与选择输入是相关的。同样，只要选择输入S_4在逻辑1，就只选择数据输入D16到D31(IC6中的D0到D15)。

这个系统共有32个不同的有效输入。根据系统选择输入端出现的5位二进制代码，在输出与非门IC?-C的输入一边出现32个不同输入中的某一输入。出现在选择输入端的5位二进制代码和被选择的数据之间有一一对应的关系。例如，置选择输入为二进制10100（十进制20)则选择数据输入D20。

窗口输入的工作情况非常类似于本章前面部分和第三章介绍的所有其它图形窗口电路。在这个实例中，窗口电路使两个数据选择器截止，直到适当的行和场计数信号加入。当行和场计数信号加入时，根据选择输入S_4的逻辑电平，一个数据选择器被截止，另一个启动。

扩展的64格矩阵

图4-17电路是许多复杂图形矩阵电路结构的起点。把这个电路与试验板相连，然后利用图4-18的技术条件产生8×8扩展矩阵。

组装好这个特殊电路以后（用图4-18的技术条件，但剩下所有的D输入都不连接），你应该看到屏幕上有一白色的方形图形。

将D的一个输入端接逻辑0，在相应的矩阵位置上产生一个小的黑色方块。从这点看来，利用前面介绍的32格扩展矩阵电路的一般程序能产生任意复杂的图形。

图4-19表示产生一个小狗图形的技术条件。这个不对称的图形可能比本章第一部分介绍的图形产生电路都细致。这就是使用这个更复杂的矩阵发生器的全部意义。

使用这个扩展8×8矩阵图形时，请记住选择端技术条件决定

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
D0E	D1E	D2E	D3E	D4E	D5E	D6E	D7E
D8E	D9E	D10E	D11E	D12E	D13E	D14E	D15E
D16E	D17E	D18E	D19E	D20E	D21E	D22E	D23E
D24E	D25E	D26E	D27E	D28E	D29E	D30E	D31E

选择： S0＝8H　　窗口： 256H
S1＝16H　　$\overline{128H}$
S2＝32H　　$\overline{64H}$
S3＝8V　　128V
S4＝16V　　$\overline{64V}$

数据： 1、0、32V、$\overline{32V}$
根据需要而定

图4-18　8×8扩展矩阵的结构和技术条件

矩阵的大小，窗口的技术条件决定矩阵在屏幕上的位置，D输入确定图形本身。

你在这个矩阵中产生自己设计的图形，一定会感到十分有趣。这要花费许多时间从事实验，但是会提高你的工作能力，使你又快又好地产生所希望的图形。这对以后设计电视游戏会得益很大，花些时间也是合算的。试验时，作好记录，包括图形和技术条件。

图4-20说明64格扩展方形矩阵怎样转变成16×4矩阵的格式。这个又长又窄的矩阵产生如船、车和飞机的侧视图非常有用。请看图4-21的两个例子。注意：由图4-21编程产生的复杂图形，要求21个连接端接8V信号源。由于原始信号源盒的8V信号源仅足

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
D0E	D1E	D2E	D3E	D4E	D5E	D6E	D7E
D8E	D9E	D10E	D11E	D12E	D13E	D14E	D15E
D16E	D17E	D18E	D19E	D20E	D21E	D22E	D23E
D24E	D25E	D26E	D27E	D28E	D29E	D30E	D31E

选择：S0 = 8H S1 = 16H S2 = 32H S3 = 8V S4 = 16V

窗口：256H $\overline{128H}$ $\overline{64H}$ 128V $\overline{64V}$

数据：D2 = 32V D3 = 32V D4 = 32V D6 = 0 D7 = 0

D8 = 32V D10 = 32V D11 = 32V D14 = $\overline{32V}$

D15 = 0 D16 = 32V D18 = 0 D19 = 0

D20 = 32V D21 = 32V D22 = $\overline{32V}$ D23 = $\overline{32V}$

D24 = 0 D26 = 0 D27 = 0 D28 = $\overline{32V}$

D31 = $\overline{32V}$

图4-19 在8×8扩展矩阵内建立的小狗图形

以提供20路的负载，所以必须借助于图4-21（a）所示的缓冲电路提供。8V信号源与第一个反相器的输入相连。两个反相器之一的输出送给此图所确定的大约一半的8V连接端。第三个反相器送给另一半8V连接端。

水平排列的16×4矩阵也能重新排成垂直的4×16矩阵。请看图4-22 4×16扩展矩阵的图形和技术条件。这个特殊的矩阵，现在并没有很大用处，但是对于建立8×16扩展折叠矩阵却是非常有用的开端。

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
D0E	D1E	D2E	D3E	D4E	D5E	D6E	D7E	D8E	D9E	D10E	D11E	D12E	D13E	D14E	D15E
D16E	D17E	D18E	D19E	D20E	D21E	D22E	D23E	D24E	D25E	D26E	D27E	D28E	D29E	D30E	D31E

16×4 扩展矩阵

选择： S0 = 4H
S1 = 8H
S2 = 16H
S3 = 32H
S4 = 4V

窗口： 256H $\overline{128H}$ $\overline{64H}$ 128V
$\overline{64V}$ $\overline{32V}$ $\overline{16V}$

数据： 根据需要为 0、1、8V、$\overline{8V}$

图4-20 16×4扩展矩阵的结构和技术条件

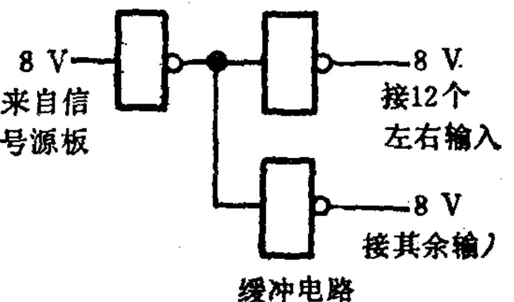
在结束扩展64方格矩阵的讨论以前，了解64方格矩阵和本章前面介绍的64方格扩展折叠矩阵的不同之处是重要的。

乍一看，图4-13 8×8扩展折叠矩阵可能和图4-18 8×8扩展矩阵相同，图4-15垂直的4×16扩展折叠矩阵也很象图4-22的4×16扩展矩阵。

这些矩阵有相同数量的方格，而且总的尺寸相等。为什么实验者总是采用图4-17更复杂的电路形式呢？比较简单的电路可以用折叠技术使矩阵方格的数量增加一倍，而且意味着图形必须对称折叠线。另一方面，由图4-17更复杂的电路产生的矩阵不用折叠电路；因此，产生的图形就不限制在对称的图形以内。例如，图4-19中不对称的图形小狗，就不可能在图4-13的8×8扩展对称矩阵内产生。图4-13的图形必须对称于水平线，并通过它的中点。

(a)

D 0	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
D 0 E	D 1 E	D 2 E	D 3 E	D 4 E	D 5 E	D 6 E	D 7 E	D 8 E	D 9 E	D10 E	D11 E	D12 E	D13 E	D14 E	D15 E
D16 E	D17 E	D18 E	D19 E	D20 E	D21 E	D22 E	D23 E	D24 E	D25 E	D26 E	D27 E	D28 E	D29 E	D30 E	D31 E



数据： D0 = 8 V　D1 = 8 V　D2 = 8 V
D3 = 8 V　D4 = 8 V　D5 = 8 V
D7 = 0　D8 = 0　D9 = 8 V
D10 = 8 V　D11 = 8 V　D12 = 8 V
D13 = 8 V　D14 = 8 V　D15 = 8 V
D16 = 0　D17 = 8 V　D18 = 8 V
D19 = 8 V　D20 = 8 V　D21 = 8 V
D26 = 8 V　D27 = 8 V　D30 = 8 V
D31 = 0

选择： S 0 = 4 H　S 1 = 8 H
S 2 = 16H　S 3 = 32 H
S 4 = 4 V

窗口： 256 H　$\overline{128H}$　$\overline{64H}$　128 V
$\overline{64V}$　$\overline{32V}$　$\overline{16V}$

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
D0E	D1E	D2E	D3E	D4E	D5E	D6E	D7E	D8E	D9E	D10E	D11E	D12E	D13E	D14E	D15E
D16E	D17E	D18E	D19E	D20E	D21E	D22E	D23E	D24E	D25E	D26E	D27E	D28E	D29E	D30E	D31E

选择：S0＝4H　S1＝8H　S2＝16H　S3＝32H　S4＝4V

窗口：256H　$\overline{128H}$　$\overline{64H}$　128V　64V　$\overline{32V}$　$\overline{16V}$

数据：D0＝0　D1＝8V　D2＝8V　D5＝8V　D7＝8V　D8＝8V　D9＝8V
D10＝8V　D11＝8V　D12＝8V　D13＝8V　D14＝0　D15＝0　D16＝0
D17＝0　D20＝8V　D21＝0　D22＝0　D23＝0
D24＝8V　D25＝8V　D28＝8V　D29＝0　D30＝0
D31＝0

(b)

图4-21　在16×4扩展矩阵内建立的图形实例
（a）航空母舰或潜艇图形，需要反相器作为驱动器电路
（b）赛车和驾驶员的轮廓

一个有用的128方格扩展折叠矩阵

把一个四异或门集成电路加到图4-17的电路便能产生最有用

的大折叠矩阵。按图4-23的说明连接基本的64方格电路，异或门电路把矩阵扩展成8×16的形式。

D0	D1	D2	D3
D4	D5	D6	D7
D8	D9	D10	D11
D12	D13	D14	D15
D16	D17	D18	D19
D20	D21	D22	D23
D24	D25	D26	D27
D28	D29	D30	D31
D0E	D1E	D2E	D3E
D4E	D5E	D6E	D7E
D8E	D9E	D10E	D11E
D12E	D13E	D14E	D15E
D16E	D17E	D18E	D19E
D20E	D21E	D22E	D23E
D24E	D25E	D26E	D27E
D28E	D29E	D30E	D31E

4×16扩展矩阵

选择：S0=8H
S1=16H
S2=8V
S3=16V
S4=32V

窗口：256H
$\overline{128H}$
$\overline{64H}$
$\overline{32H}$
128V

数据：0、1、64V
$\overline{64V}$ 根据需要

图4-22　4×16扩展矩阵的图形和技术条件实例

图4-23的矩阵以垂直线为对称轴的折叠矩阵，并通过它的中心，实际上实验者能用它产生许多有趣和有用的电视游戏图形。图4-24上的图形就是一个牧童，你觉得象吗？

在运用这个矩阵上充分发挥你的想象力，看看你能设计出多少种新奇的对称图形。围绕垂直对称的8×16扩展折叠矩阵图形

的设计原理和前面介绍的折叠扩展矩阵的对称图形非常相同。唯

0	1	2	3	3F	2F	1F	0F
4	5	6	7	7F	6F	5F	4F
8	9	10	11	11F	10F	9F	8F
12	13	14	15	15F	14F	13F	12F
16	17	18	19	19F	18F	17F	16F
20	21	22	23	23F	22F	21F	20F
24	25	26	27	27F	26F	25F	24F
28	29	30	31	31F	30F	29F	28F
0E	1E	2E	3E	3EF	2EF	1EF	0EF
4E	5E	6E	7E	7EF	6EF	5EF	4EF
8E	9E	10E	11E	11EF	10EF	9EF	8EF
12E	13E	14E	15E	15EF	14EF	13EF	12EF
16E	17E	18E	19E	19EF	18EF	17EF	16EF
20E	21E	22E	23E	23EF	22EF	21EF	20EF
24E	25E	26E	27E	27EF	26EF	25EF	24EF
28E	29E	30E	31E	31EF	30EF	29EF	28EF

8×16扩展折叠矩阵

选择：

S 0 = 8H F 32H
S 1 = 16H F 32H
S 2 = 8V
S 3 = 16V
S 4 = 32V

窗口：

256H 128H $\overline{64H}$
128V 64V

数据：

1、0、64V $\overline{64V}$
根据需要

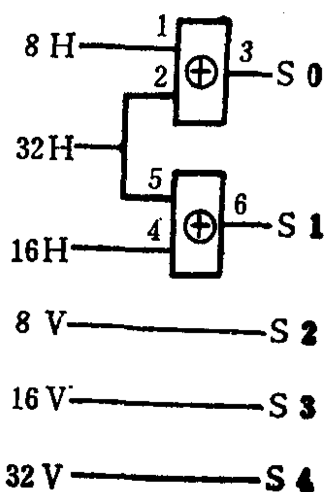


图4-23 8×16扩展折叠矩阵的结构、电路和技术条件实例

一的不同点仅在于前者方格数是后者的两倍。

图4-25表示水平排列的128方格扩展折叠矩阵。它的对称轴是通过图象中点的垂直线。用异或门电路和图4-25给出的技术条件建立这个矩阵。然后设计出你需要的图形，图形的右半边一定是左半边的镜象。

D0	D1	D2	D3	D3F	D2F	D1F	D0F
D4	D5	D6	D7	D7F	D6F	D5F	D4F
D8	D9	D10	D11	D11F	D10F	D9F	D8F
D12	D13	D14	D15	D15F	D14F	D13F	D12F
D16	D17	D18	D19	D19F	D18F	D17F	D16F
D20	D21	D22	D23	D23F	D22F	D21F	D20F
D24	D25	D26	D27	D27F	D26F	D25F	D24F
D28	D29	D30	D31	D31F	D30F	D29F	D28F
D0F	D1E	D2E	D3E	D3EF	D2EF	D1EF	D0EF
D4E	D5E	D6E	D7E	D7EF	D6EF	D5EF	D4EF
D8E	D9E	D10E	D11E	D11EF	D10EF	D9EF	D8EF
D12E	D13E	D14E	D15E	D15EF	D14EF	D13EF	D12EF
D16E	D17E	D18E	D19E	D19EF	D18EF	D17EF	D16EF
D20E	D21E	D22E	D23E	D23EF	D22EF	D21EF	D20EF
D24E	D25E	D26E	D27E	D27EF	D26EF	D25EF	D24EF
D28E	D29E	D30E	D31E	D31EF	D30EF	D29EF	D28EF

选择：

S0 = 8H F 32H
S1 = 16H F 32H
S2 = 8V
S3 = 16V
S4 = 32V

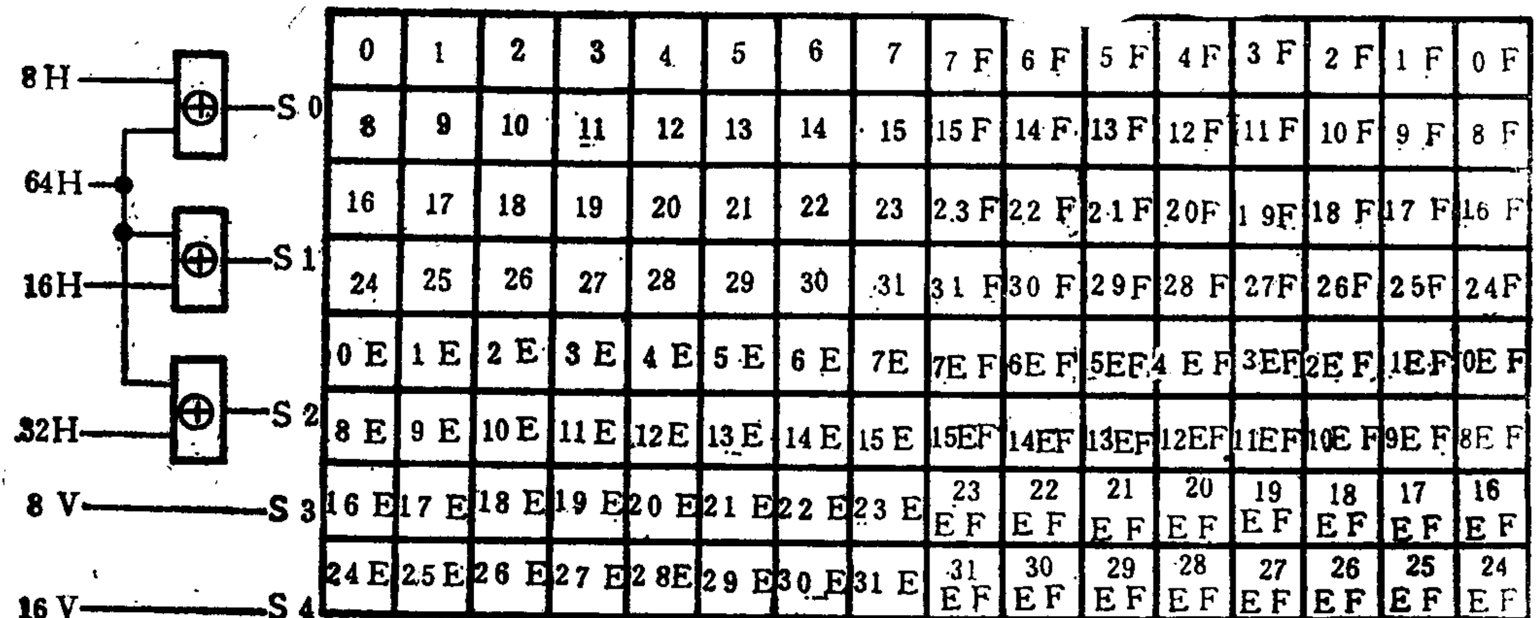
窗口：

256H 128H $\overline{64H}$
128V 64V

数据：

D1 = 0 D2 = 64V
D4 = 0 D5 = $\overline{64V}$
D8 = 0 D9 = 64V
D10 = $\overline{64V}$ D11 = 64V
D12 = 0 D13 = 64V
D14 = 64V D15 = $\overline{64V}$
D16 = 0 D17 = $\overline{64V}$
D19 = $\overline{64V}$ D20 = $\overline{64V}$
D21 = 0 D22 = 64V
D23 = $\overline{64V}$ D24 = $\overline{64V}$
D25 = 0 D26 = 64V
D27 = $\overline{64V}$ D29 = 64V
D30 = 64V D31 = $\overline{64V}$

图4-24 在8×16扩展折叠矩阵内建立的牧童图形



0	1	2	3	4	5	6	7	7F	6F	5F	4F	3F	2F	1F	0F
8	9	10	11	12	13	14	15	15F	14F	13F	12F	11F	10F	9F	8F
16	17	18	19	20	21	22	23	23F	22F	21F	20F	19F	18F	17F	16F
24	25	26	27	28	29	30	31	31F	30F	29F	28F	27F	26F	25F	24F
0E	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	7EF	6EF	5EF	4EF	3EF	2EF	1EF	0EF
8E	9E	10E	11E	12E	13E	14E	15E	15EF	14EF	13EF	12EF	11EF	10EF	9EF	8EF
16E	17E	18E	19E	20E	21E	22E	23E	23 EF	22 EF	21 EF	20 EF	19 EF	18 EF	17 EF	16 EF
24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E	31 EF	30 EF	29 EF	28 EF	27 EF	26 EF	25 EF	24 EF

选择： S0 = 8HF 64H
S1 = 16HF 64H
S2 = 32HF 64H
S3 = 8V S4 = 16V

窗口： $\frac{256H}{128V}$ $\overline{128H}$ 64V 32V

数据： $\frac{0、1、32V}{32V}$ 根据需要

图4-25　16×8扩展折叠矩阵的结构、电路和技术条件实例

如果你正在从事本章所建议的实验，好象已经有了专门技巧和必要信心来产生其它类型的矩阵，但是，更重要的是你一定要有新的设想，比你现在试验的方案要新奇得多。

例如，你正在考虑把几种复杂的图形放在一个屏幕上。你准备怎样做呢？你一定得建立两个不同的图形产生电路。每一电路对应于在屏幕上产生的一种图形。然后，在电路的输出信号加给信号源板**游戏图象输入**端之前，你必须把它们有效地或在一起。

根据图形产生系统在黑色背景上出现白色图象还是在白色背景上出现黑色图象，我们把这些信号或在一起。本章中所有数据选择器的信号都是反相的白色背景上的黑色图象信号。而接到图4-5数据选择器输出的反相器和接到图4-17数据选择器输出端的与非门则使图象翻转，在黑色背景上产生白色图象。

先把信号经过一个普通的或非门电路，使这些信号或在一起。或非门输出反相后以产生具有黑中现白的复合图象信号。

如果你对在屏幕上合成复杂图形的程序很模糊，应该复习第三章“在屏幕上合成任意数目的固定图形”部分，那里介绍的程序也能运用在这一章的电路中。

64方格矩阵发生器的工作

用增加数据选择器电路来扩大产生方格能力的想法可以无限制地延伸。每一个新的数据选择器提供16个之多的基本方格位置。大多数有经验的实验者开始都会怀疑，超过一定的限度来扩大产生复杂图形系统的可能性。

产生一个大的精细图形的能力值得用所有数据选择器硬件进行工作吗？只有你自己才能回答这个问题。它决定于你要做的实验和最后值得你做些什么。

这部分专门讨论特别有用的64方格发生器，它由四个十六选一数据选择器集成电路组合而成。给出64个数据输入编程端。如本章前面所述，任何基本的数据选择器型图形发生器都容易改进，使矩阵的数目增加一倍。在这种情况下，实验者获得128个方格。还可以使用折叠电路进行扩展达到256个方格。

试验证明64、128、256方格矩阵系统适用于产生一些商业电视游戏机上若干最流行的图形，如牧童、棒球队员、坦克、飞机以及各种各样的东西。

64方格发生器电路

图4-26上64方格发生器电路用了4个十六选一数据选择器集成电路。通向系统的4个较低位的选择输入S0到S3选择每一数据选择器16个数据输入中的一个。译码电路IC9根据两个较高位的输入S4和S5的状态选通4个数据选择器中的一个。

系统开窗，数据选择器的输出与图4-17的32方格发生器一样经过与非门输出。

4个反相器IC1-A、IC1-B、IC1-C、IC1-D的用途需要专门解释一下。在这个系统中的大部分集成电路都能够驱动20个其它类型的TTL电路。通常一个门的驱动数目远少于20，所以输出超载的问题就不成为一个重要的设计因素。

使用矩阵扩展技术(图4-26将方格数从64个扩展到128个)时，来自原始信号盒某一个H或V计数输出可能要同时驱动20或30个D输入。每当一个复杂图形电路要求用同一信号源驱动多于15个D输入时，这个信号源就应该经过一个缓冲电路，这就是IC1的用途。

e_{in}连接线来自适当的H和V计数源。就信号源而论，只有一个能驱动20个D输入的有用的$\bar{e}$信号源。IC1-B将IC1-A的输出反相产生同样能驱动20个D输入的未反相的“e”信号。最后两个反相器和前面两个反相器一样，也提供20个反相和未反相的扩展图形信号的附加信号源。

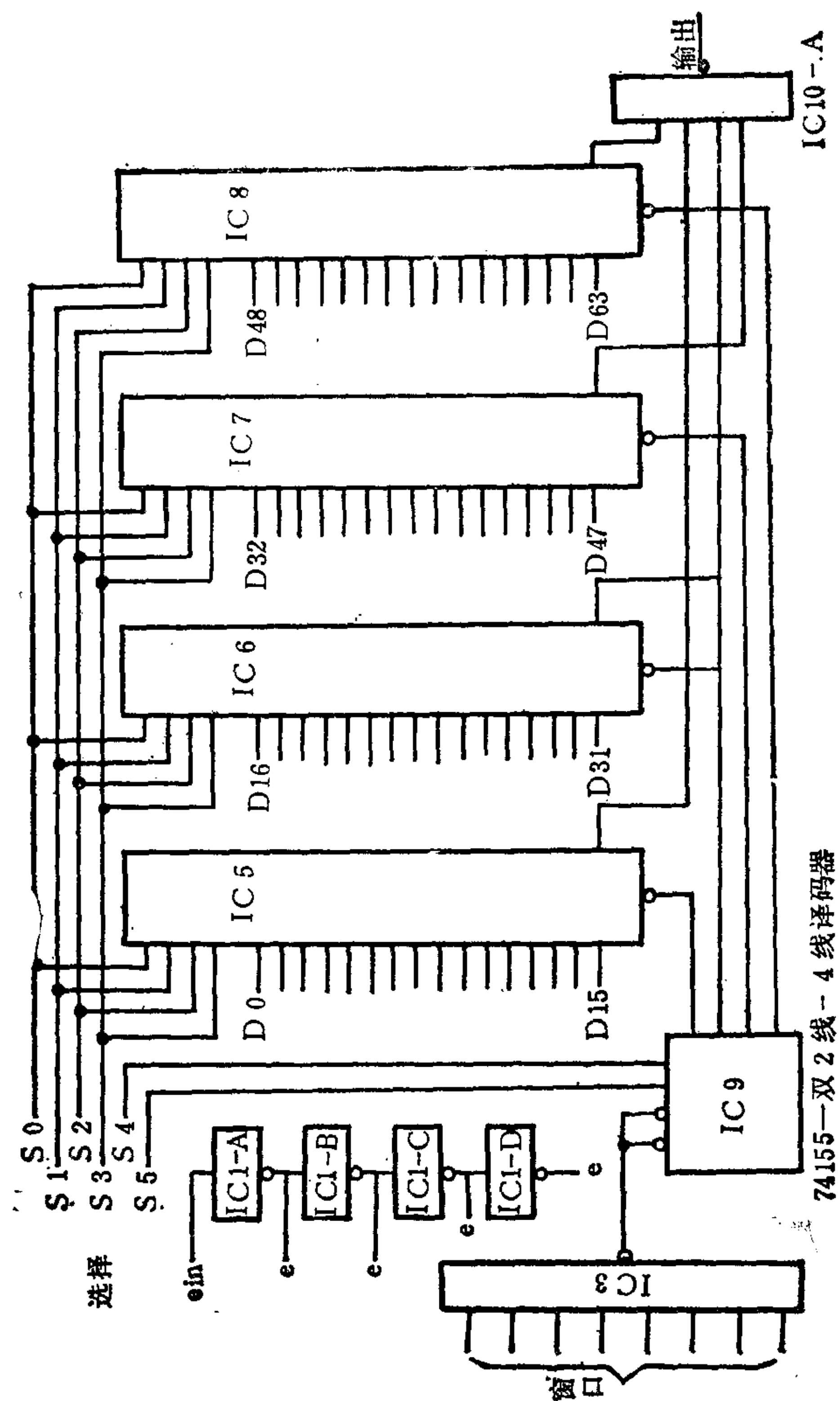


图4-26 基本的64方格发生器电路

例如，假使一个特殊的扩展矩阵图形要求25 个32H 和 22 个

$\overline{32H}$信号。先将原始信号盒的32H信号连到e_{IN}端。然后从IC_1–A输出中分出22个$\overline{32H}$信号中的11个。从IC_1–B的输出中分出12或13个32H信号，剩下的$\overline{32H}$和32H信号分别从IC_1–C和IC_1–D取出。

若干8×16扩展矩阵

图4-27表示垂直排列的128方格矩阵，它可以用图4–26电路

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63
0 E	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E
8 E	9 E	10E	11 E	12E	13 E	14 E	15 E
16E	17E	18E	19E	20E	21E	22E	23E
24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E
32E	33E	34E	35E	36E	37E	38E	39E
40E	41E	42E	43E	44E	45E	46E	47E
48E	49E	50E	51E	52E	53E	54E	55E
56E	57E	58E	59E	60E	61E	62E	63E

选择：
S 0 = 8 H
S 1 = 16H
= 32H
S 3 = 8 V
S 4 = 16 V
S 5 = 32 V
窗口：
$\overline{256H}$
128H
64H
128 V
数据：
1、0、
64 V、$\overline{64V}$
根据需要

图4-27　8×16扩展矩阵的结构和实例的技术条件

产生。如果你用这里给定的选择窗口和数据建立这个电路，就会

有一个相当大的白色长方形占满屏幕的右下象限。将任何一个D输入接逻辑0，都会在相应的矩阵位置和它的扩展位置上分别产生一个黑方格。

图4-28所示的8×16扩展矩阵内的复杂图形，两个例子包括一双相当新颖的脚印和一个牧童的外形轮廓。脚印对建立电视游戏

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63
0 E	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E
8 E	9 E	10 E	11 E	12E	13 E	14 E	15 E
16E	17E	18E	19E	20E	21E	22E	23E
24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E
32E	33E	34E	35E	36E	37E	38E	39E
40E	41E	42E	43E	44 E	45E	46E	47E
48E	49E	50E	51E	52E	53E	54E	55E
56E	57E	58E	59E	60E	61E	62E	63E

（a）

选择：

S 0 = 8 H
S 1 = 16H
S 2 = 32H
S 3 = 8 V
S 4 = 16 V
S 5 = 32 V

窗口：

$\overline{256H}$
128 H
64 H
128 V

数据：

D 0 = 0　D 1 = 0
D 2 = 64 V　D 3 = 64 V
D 4 = 64 V　D 5 = $\overline{64V}$
D 6 = $\overline{64V}$　D 7 = 0
D 8 = 0　D 9 = 0
D10 = 64 V　D11 = 64 V
D13 = $\overline{64V}$　D14 = $\overline{64V}$
D15 = 0　D16 = 0
D17 = 0　D18 = 64 V
D20 = 64 V　D21 = 0
D22 = 0　D23 = 0
D24 = 0　D25 = 0
D27 = 64 V　D28 = 64 V
D29 = $\overline{64V}$　D30 = $\overline{64V}$
D31 = 0　D32 = 0
D33 = 0　D34 = 64 V
D35 = 64 V　D37 = $\overline{64V}$
D38 = $\overline{64V}$　D39 = 0
D40 = 0　D41 = 0
D42 = 0　D43 = $\overline{64V}$
D44 = $\overline{64V}$　D45 = $\overline{64V}$
D46 = $\overline{64V}$　D47 = 0
D48 = 0　D49 = $\overline{64V}$
D50 = $\overline{64V}$　D51 = $\overline{64V}$
D52 = $\overline{64V}$　D53 = $\overline{64V}$
D54 = 0　D55 = 0
D56 = 0　D57 = $\overline{64V}$
D58 = 64 V　D59 = $\overline{64V}$
D60 = $\overline{64V}$　D61 = $\overline{64V}$
D62 = 0　D63 = 0

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63
0 E	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E
8 E	9 E	10 E	11 E	12 E	13 E	14 E	15 E
16E	17E	18E	19E	20E	21 E	22E	23E
24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E
32E	33E	34E	35E	36E	37E	38E	39E
40E	41E	42E	43E	44 E	45 E	46 E	47 E
48E	49E	50E	51E	52E	53E	54E	55E
56E	57E	58E	59E	60E	61E	62E	63E

选择： 窗口：

S 0 = 2 H $\overline{256H}$
S 1 = 4 H 128 H
S 2 = 8 H 64H
S 3 = 2 V 32H
S 4 = 4 V 128 V
S 5 = 8 V 64 V 32 V

数据：

D 0 = 0 D 1 = 0
D 4 = 0 D 5 = 0
D 6 = 0 D 7 = 0
D 8 = $\overline{16V}$ D12 = $\overline{16V}$
D13 = $\overline{16V}$ D14 = 0
D15 = 0 D16 = 0
D17 = 16 V D20 = 0
D21 = 0 D22 = 0
D23 = 0 D24 = 0
D25 = 0 D29 = 0
D30 = 0 D31 = 0
D32 = 0 D33 = 0
D34 = $\overline{16V}$ D36 = 16 V
D38 = 0 D39 = 0
D40 = 0 D41 = $\overline{16V}$
D43 = $\overline{16V}$ D45 = 16 V
D46 = 0 D47 = $\overline{16V}$
D48 = 0 D51 = $\overline{16V}$
D52 = 0 D53 = 16 V
D55 = $\overline{16V}$ D56 = 0
D57 = 0 D60 = $\overline{16V}$
D62 = $\overline{16V}$ D63 = 0

(b)

图4-28 8×16扩展矩阵内的复杂图形实例 (a) 左脚印，用64H产生折叠图象形成一双脚印——左脚和右脚，看图4-31的电路 (b) 牧童的轮廓图

是非常有用的，这说明我们用这个系统可以产生一些有趣的电视图案。

图 4-24 说明在 8×16 扩展折叠矩阵内建立一个牧童图象的方法。这种电路非常简单，但是运用了要求对称的折叠技术。

图4-28(b)的轮廓是不对称图形。

用这个矩阵产生电路做实验要花费许多时间。如果你要把图形缩小一点，只要把选择、窗口和数据输入的技术条件缩小一或二级。例如，把每种技术条件减半，图形的尺寸也减半。

只要你需要，就用这个系统进行演示。因为你对它产生乐趣，会在不知不觉中学到许多东西。回忆一下你做过的实验，记下你成功和失败的经验，这些资料对你今后的工作非常有价值。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
0E	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	9E	10E	11E	12E	13E	14E	15E
16E	17E	18E	19E	20E	21E	22E	23E	24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E
32E	33E	34E	35E	36E	37E	38E	39E	40E	41E	42E	43E	44E	45E	46E	47E
48E	49E	50E	51E	52E	53E	54E	55E	56E	57E	58E	59E	60E	61E	62E	63E

选择：S0 = 8H　S3 = 64H

S1 = 16H　S4 = 8V

S2 = 32H　S5 = 16V

窗口：256H $\overline{128H}$　128V $\overline{64V}$

数据：1、0、32V $\overline{32V}$

图4-29　16×8扩展矩阵的结构和实例的技术条件

扩展矩阵经调整后能形成水平排列的16×8图形。请看图4-29

介绍的技术条件和图形。

图4-30的演示介绍一个怎样应用16×8扩展矩阵的例子。它的图形是一艘战艇或驱逐艇。当然，这个图形稍加改动后可以形成潜水艇或航空母艇。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
0 E	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E	8 E	9 E	10 E	11 E	12E	13 E	14 E	15 E
16E	17E	18E	19E	20E	21 E	22E	23E	24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31 E
32E	33E	34 E	35E	36E	37E	38E	39E	40E	41E	42E	43E	44 E	45 E	46 E	47E
48E	49E	50E	51 E	52E	53E	54E	55E	56E	57E	58E	59E	60E	61 E	62E	63E

选择：S 0 = 2 H　S 1 = 4 H　S 2 = 8 H

S 3 = 16H　S 4 = 2 V　S 5 = 4 V

窗口：256H　$\overline{128H}$　64H　32H　128 V　64 V　16V

数据：D 0 = 0　D 1 = 0　D 2 = 8 V　D 3 = 8 V

D 4 = 8 V　D 5 = 8 V　D 6 = 8 V　D 7 = 0

D 8 = 0　D 9 = 8 V　D10 = 0　D11 = 8 V

D12 = 8 V　D13 = 0　D14 = 0　D15 = 0

D16 = 8 V　D17 = 8 V　D18 = 8 V　D19 = 0

D20 = 0　D21 = 0　D22 = 8 V　D23 = 0

D24 = 8 V　D25 = 8 V　D26 = 0　D27 = 0

D28 = 8 V　D29 = 8 V　D30 = 8 V　D31 = 8 V

D32 = 8 V　D33 = 8 V　D36 = 8 V　D37 = 8 V

D42 = 8 V　D45 = 8 V　D46 = 8 V　D47 = 0

D48 = 8 V　D50 = 8 V　D52 = 8 V　D53 = 8 V

D54 = 8 V　D56 = 8 V　D58 = 8 V　D60 = 8 V

D62 = 8 V　D63 = 8 V

图4-30　在16×8扩展矩阵建立的战艇图形

这个矩阵适用于任何种类相对复杂、又不对称的水平图形。

256格扩展折叠矩阵

在上面介绍的128格矩阵电路中加入折叠电路产生256格矩阵。图4-31的例子是一个相当简单的附加电路和一个常见坦克图象的左半边。

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63
0 E	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E
8 E	9 E	10 E	11 E	12E	13 E	14 E	15 E
16E	17E	18E	19E	20E	21E	22E	23E
24E	25E	26E	27E	28E	29E	30E	31E
32E	33E	34E	35E	36E	37E	38E	39E
40E	41E	42E	43E	44E	45E	46E	47E
48E	49E	50E	51E	52E	53E	54E	55E
56E	57E	58E	59E	60E	61E	62E	63E

选择：S0 = 2H F16H
S1 = 4H F16H
S2 = 8H F16H
S3 = 2V
S4 = 4V
S5 = 8V

窗口：256H 128H 64H
32H 128V 64V
32V

数据：

D0 = 16V　D1 = 16V
D2 = 0　D3 = 16V
D4 = 0　D5 = 0
D8 = 16V　D9 = 16V
D10 = 0　D11 = 16V
D12 = 16V　D13 = 0
D14 = 0　D15 = $\overline{16V}$
D16 = 16V　D17 = 16V
D18 = 0　D19 = 16V
D20 = 16V　D21 = 0
D22 = 0　D23 = $\overline{16V}$
D24 = 16V　D25 = 16V
D26 = 0　D27 = 16V
D28 = 16V　D29 = 16V
D30 = 0　D31 = $\overline{16V}$
D32 = 16V　D33 = 16V
D34 = 0　D35 = 16V
D42 = 16V　D45 = 16V
D46 = 16V　D47 = 16V
D50 = $\overline{16V}$　D52 = 16V
D53 = 16V　D54 = 16V
D55 = 16V　D56 = $\overline{16V}$
D57 = $\overline{16V}$　D58 = 0
D59 = $\overline{16V}$　D60 = 16V
D61 = 16V

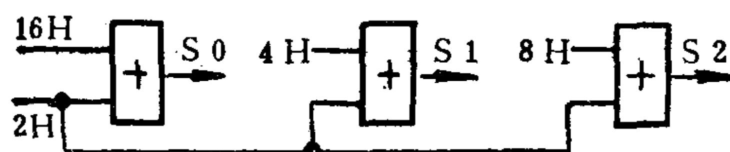


图4-31　坦克图形的电路、技术条件和半个画面。半个画面适合于用来确定任何折叠图形的技术条件。

当你按照图4-31说明中的技术条件连线并组装这个电路时，你会获得一辆完整的坦克图形，其右半边是左半边图形的镜象。只给出图形中不折叠的一半是合理的，因为用256个方格画出图形会使实验者感到乏味。而且，原来部分具有所有需要的信息。

增加屏幕上相同图形的数量

在许多电视游戏中，一个复杂图形在许多电视游戏中起着重要作用时，我们常常需要在屏幕上显示许多相似的复杂图形。例如地雷战的地雷和自动赛车游戏中的赛车。

产生一个单一的复杂图形的程序需要许多集成电路，这在本章中清楚地说明了这一点，但是，每一个出现在屏幕上的图象并不需要都建立一个完整的矩阵发生器电路与之对应——只要这些图形相同。

事实证明，一个复杂图形产生器足以在屏幕上产生任意数量的相同图形。总的想法是用本章已经介绍的方法先建立一个产生所要求的图形的电路，然后将一些十分简单的逻辑电路加到窗口输入，这样就在屏幕上产生任意数量的所希望的图形。

为了取得第一手感性知识，实际观察这个过程，首先建立一个比较简单的复杂图形电路，并在不开窗口的情况下在屏幕上显示图形。你会发现：这个图形在行距和列距十分靠近的情况下重复许多次。

不开窗口时，屏幕上的图形也许相当有趣，但是在电视戏中，这些图形几乎没有什么用处。我们应该做的工作就是要有选择地为一些图形开窗口，留下一些图形，去掉其余图形。

在通常情况下，电视游戏机有几种不同方法来选择屏幕上的图形。我们应好好学习这里给出的方法，尽可能多动手做各种各样的实验。

开条形和长方形窗口

图4-32用方框图表示了怎样把图形窗口电路和一个复杂图形矩阵发生器用接口电路连接起来。不同种类的窗口电路取代了这个电路中的复杂图形发生器窗口电路，这通常是8输入与非门。

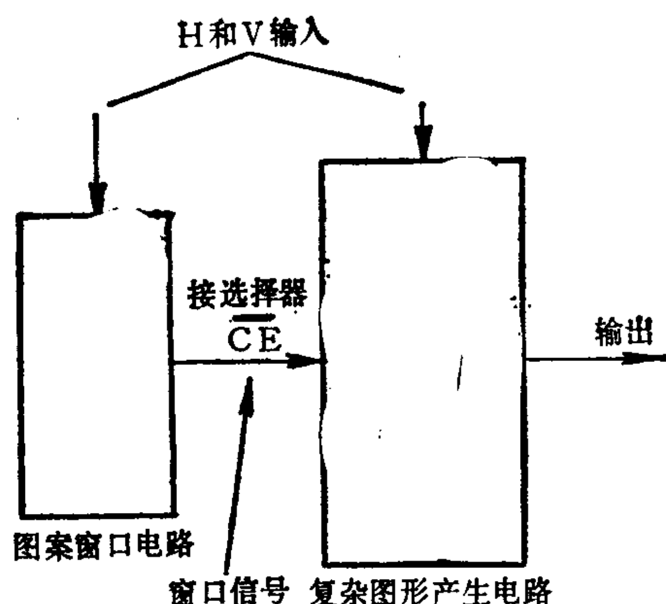


图4-32　在屏幕上重复出现复杂图形电路的方框图

任何产生宽条和矩形（见第三章）的电路也能用作复杂图形发生器的窗口发生器。其结果在屏幕上出现相同的复杂图形规则图案。用第三章介绍的条和矩形产生器时，要弄清楚它们是将白色背景上的黑色图形信号送给复杂图形发生器数据选择器$\overline{CE}$端。

让我们仔细捉模一下后一段叙述。当数据选择器的$\overline{CE}$输入端降到逻辑0时，数据选择器（复杂图形发生器）则开窗口。本章前面所有的例子都使用这个原则。无论何时窗口电路产生逻辑0，数据选择器就被选通。换句话说，当窗口电路出现黑条或黑色矩形时，屏幕上便出现复杂的图形。

当然，窗口确定的黑条和黑色矩阵的大小必须等于或大于被控制图形。窗口开得大小就会切掉图象的一部分，窗口开得太大又会使两个或更多的图象勾在一起出现（后一种在某些情况下也有一定的优点）。

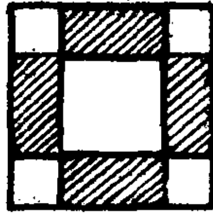
现在，我们应该在上述思想指导下做实验。首先建立一个如图4-5所示矩阵发生器电路，窗口输入暂时不做任何连接。如果使用图4-33（a）的选择和D输入的技术条件，你会发现屏幕上布满纵横交错相互勾在一起的某种图象（好象是一个小棋盘）。

小X图形：

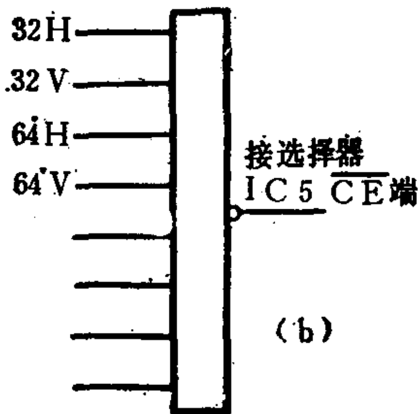
选择： S0 = 8H　S1 = 16H
S2 = 8V　S3 = 16V

窗口： 没有或下面线路之一

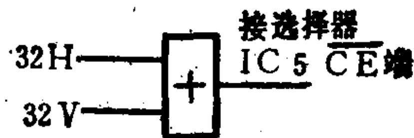
数据： D1 = 0　D2 = 0
D4 = 0　D7 = 0
D8 = 0　D11 = 0
D13 = 0　D14 = 0
其它接1或不接



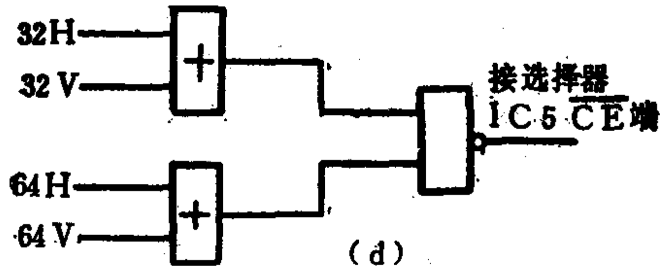
(a)



(b)



(c)



(d)

图4-33 用线/矩形图案复现技术的初步实验 (a) X图形的矩阵结构和实例技术条件，(b) 产生行、列图形的窗口电路，(c) 产生棋盘图案的电路，(d) 产生有趣图案的电路

如果你不喜欢太多的X图形，可以用256H，128H，64H，32H，128V，64V和32V开窗口减少成一个图形。现在，在图4-33(a)上你应看到一个X图形。继续做下一步实验时，去掉窗口的全部输入端。

现在我们的想法是有选择地消除一些X图形，留下一些有用

的图形。首先把32H和32V加到窗口的与非门，X图形的一半被消除了，不再出现混乱，相互靠在一起的情况。剩下的是一个水平和垂直排列的由X组成的整齐图案。

将64H，64V，32H，32V计数信号接到窗口输入增加X行列之间的间距。请看图4-33（b）这套专门的窗口技术条件。

现在从电路中去掉开窗口的与非门IC3用2输入异或门取而代之。根据图3-21介绍的连接方法，将会产生一个小X的棋盘图形。请参阅图4-33（c）的电路和技术条件。

先试验一下图4-33（d）的窗口电路，然后试验第三章其它的条或线产生器。

当你认为自己已经掌握在屏幕上建立相同的正方形矩阵图形，应继续在矩形矩阵内建立图形。本章所介绍的大部分矩形矩阵都使用了扩展技术或者扩展技术与折叠相结合的技术。使用条和矩形开窗口的方法，能使图形在屏幕上复现许多次。在为窗口电路选择H和V计数信号技术条件时，必须小心。

作为重复扩展折叠矩阵图象的一个例子，我们可以试验一下图4-12赛车图形。将基本图形矩阵减小两个数量级，如图4-34产生有规则的纵横排列的小赛车的技术条件所示。完全没有开窗口时，赛车在屏幕上重复许多次。但是这些图形都互相勾在一起，使图象没有什么用处。

小赛车　（采用图4－5、4－11电路）

选择：　S0＝4HF 16H　S1＝8HF 16H
　　　　S2＝4V　　　　S3＝8V

窗口：　32H　32V

数据：　D0＝$\overline{16V}$　D1＝0
　　　　D2＝$\overline{16V}$　D3＝16V
　　　　D6＝$\overline{16V}$　D9＝16V
　　　　D12＝16V　D13＝16V
　　　　D14＝$\overline{16V}$

图4-34　产生有规则的纵横排列的小赛车的技术条件

将相互交错的行、列消除以后，就可以将小图形分离出来。

图4-34的电路表示这个特殊窗口的技术条件。我们可以看到最小的H计数窗口输入比用做产生图形的最大的H计数技术条件还大一级。更具体的说，产生图形的数据选择器电路用H计数信号4 H、8H和16H。下一个较大的H计数信号 32 H已足够大，可以覆盖赛车图形。

按照同样取法，V计数窗口也应该开始用比产生图形最大的场计数大一级的V计数信号。在这个例子中，送到D端的扩展输入最大的V计数信号是16V，用于开水平窗口的图象，32V 信号是合适的。

窗口输入包括$\overline{256H}$和128H两个信号，赛车的场地就限制在屏幕的某一部分。这两个附加的窗口输入把赛车场地限制在刚好位于屏幕左边的一个垂直跑道上。

上边的讨论得出复杂图形开窗口的一般规律。它总是用比产生基本图形的最大信号还高一级的H和V计数信号开始开窗口。

例如，如果基本图形建立在4×8矩阵内，产生图形的最大H和V计数信号分别是4H和8V，那么窗口就应该用8H和16V开始。

给相同图形不规则图案开窗口

基本的复杂图形开窗口后得到一个纵横排列的特殊图案，它们可用于电视游戏，然而许多其它的游戏要求相同图形的图案不是有规则的纵横排列，希望产生不规则的甚至是随机的相同图形图案，这种设计用条和矩形开窗口的方法是无法完成的。

用一个数据选择器电路给另一个产生图形的数据选择器电路开窗口而产生一个复杂而且是相同图形的复杂图案是可能的。换句话说，窗口产生器本身也是一个复杂图形发生器。

图4-35把多个图形组成任意复杂图案的基本电路说明产生一些复杂图案的具体方法，IC5和IC6是两个十六选一数据选择器。IC6产生本章第一部分介绍的基本复杂图形。S0到 S3 的输入端决定复杂图形的尺寸，而D输入的信息决定图形将是什么样子。

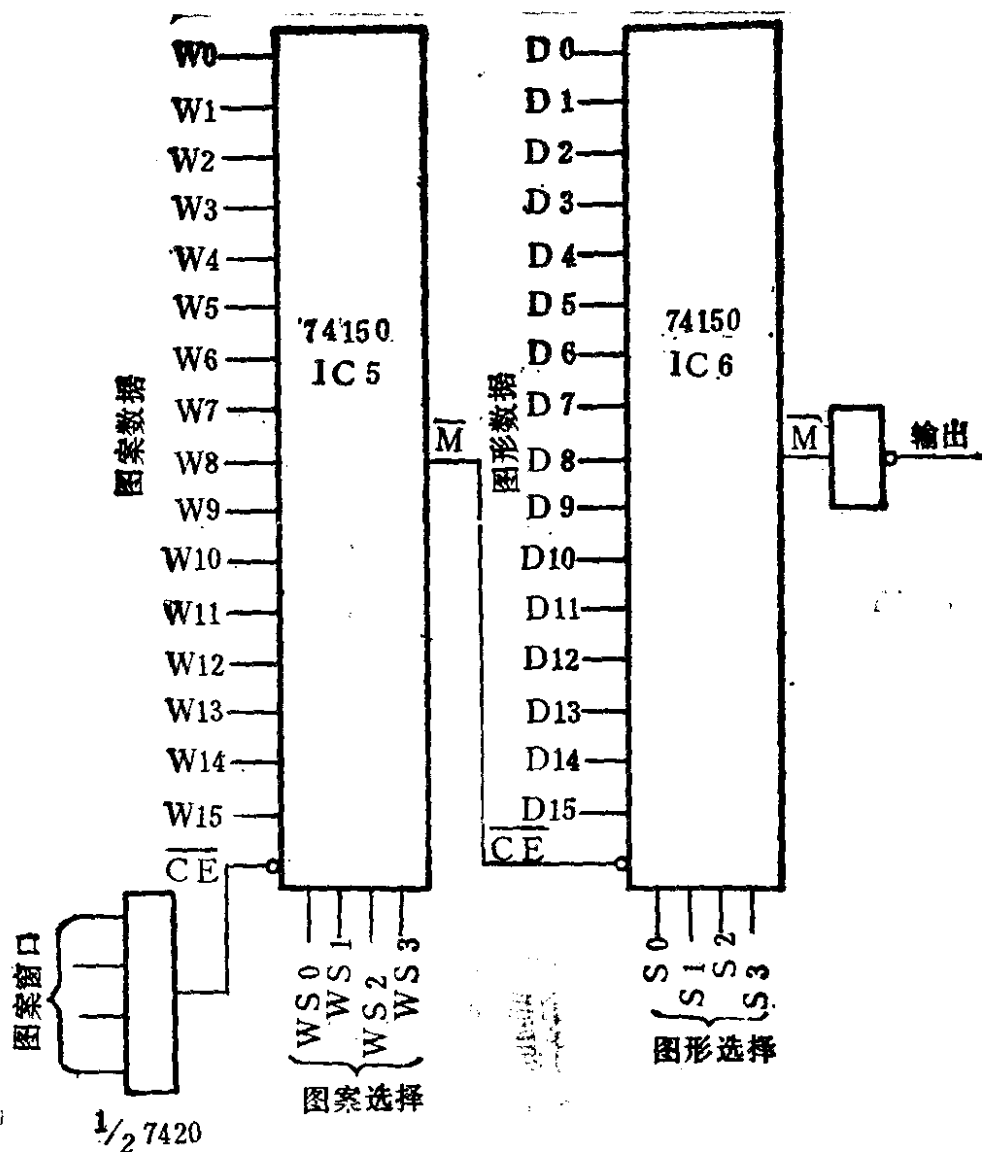


图4-35　把多个图象组成任意复杂图案的基本电路

IC5是和产生矩阵本身相同类型的一种电路，这个图案矩阵的大小由加到图案选择输入端WS0到WS3的H和V计数信号决定，而图案本身由加到图案数据输入W0到W15的信息决定。

从电路的观点来说，这两个数据选择器电路实质上是相同的。但是它们在产生图案的过程中起着完全不同的作用。IC6产生基本的图形，而IC5用来确定在屏幕某个位置出现多少相同的图形。

让我们看看这个电路的工作情况。IC6产生图4-33(a)中简单的X图案，只要IC5的输入和图形窗口与非门不连接到任何地

方，屏幕上就会重复出现许多相同的基本的X图形。

现在按图4-35确定的数据连接图案选择输入：WS0=32H，WS1=64H，WS2=32V和WS3=64V。在IC5的W输入中的一个或更多的输入端接逻辑0以前，屏幕的图案不会有明显的变化。每当W的一个输入接到逻辑0时，一些图形就在屏幕上消失。

IC5本身起着复杂图形产生器的功能。在这个例子中的"图形"是屏幕上所希望的大X图案。不连接或接逻辑1的W输入使得基本图形出现在矩阵的相应位置上。换句话说，置W输入为逻辑0，在矩阵相应位置上便有一个图形消失。用128H反相或未反

小X图形 （采用图4－35电路）

选择： S0=8H　　　窗口： 从IC5来
S1=16H
S2=8V
S3=16V

数据： D1=0　D8=0
D2=0　D11=0
D4=0　D13=0
D7=0　D14=0

大X图案

选择： WS0=32H　　　窗口： $\overline{256H}$
WS1=64H　　　128H
WS2=32V　　　$\overline{128V}$
WS3=64V

数据： W1=0　W8=0
W2=0　W11=0
W4=0　W13=0
W7=0　W14=0

图4-36　将一种复杂图形组成一个复杂图案，小X组成大X图案的例子

相的形式产生一个扩展窗口矩阵。图4-36是产生由比较小的X图形组成的大X图案的技术条件。用图4-35的电路，IC6产生小的X，IC5确定大X图案。确定的图案窗口输入使屏幕上只出现一个大X图案。

如果读者懂得了基本复杂图形发生器的工作原理，你就能把这种知识运用在复杂图案发生器上。在本章第一部分介绍的任何复杂图案发生器都能用作窗口发生器。用图4-26的电路产生一个256方格图形矩阵，并在另一个 256 方格窗口矩阵内的任意位置上重复出现这个图形是可能的。其结果将是一个满屏幕的相同复杂图形的复杂图案。

读者必须用这个电路做一阵实验，直到你真正理解这个电路是怎样工作为止。首先从简单的开始，用图4-35电路做实验，然后用产生基本图形的两个数据选择器电路和一个确定重复图案的电路。

现在掌握这种技术是重要的。以后几章将讲述完整的游戏机和图形运动。我们假设读者已经懂得复杂图形和图案发生器电路了。

第五章　建立受控运动图形的电路

运动产生电视游戏。没有一些由游戏者控制的和自动变化的图形，今天的游戏机行业就不复存在。假如在只有复杂固定图形的系统和能产生非常简单的运动图形系统之间作一选择，大多数的人都会选择后者，具有运动性质的游戏系统，而不会选择前者。

最初的游戏如乒乓球、橡皮球、曲棍球等，它们的图形都非常简单，仅仅是一些矩形和线条的组合而已。但是由游戏者控制的球拍的运动和球的自动运动，是大家真正感兴趣的。看来没有人关心球是圆的还是方的。只有运动产生游戏。

你可以围绕本章介绍的游戏者控制电路和自动运动电路建立一些新颖的电视游戏。实际上并不真的需要产生第四章中介绍的那么多复杂的图形。

根据你的经验，在一些流行的电视游戏中，增加一个或两个复杂的图形就会使游戏乐趣倍增。

学习过本章介绍的内容和做实验以后，必须注意每一个实验的特点。本章中有许多供选择的电路，这就意味着在某种情况下一些受控运动的电路比其它的电路好。

深刻地理解所有的运动电路以后，读者自己就可以设计出效果更好的游戏电路。

受控运动图形调整板

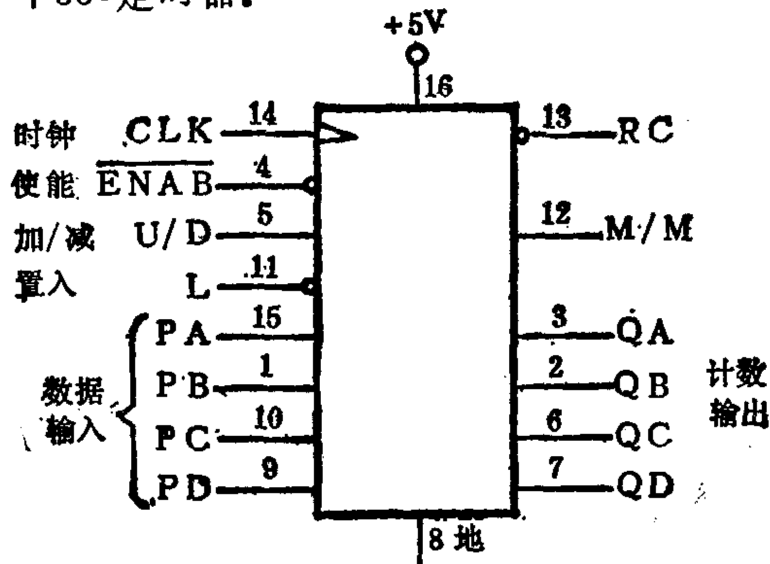
如果你已经做了第三和第四章中的实验，你在手边一定备有各种与非门，或非门和反相器。安装受控运动的调整板还需要它们。

另外，还需要一些 555 单稳态多谐振荡器，（定时器或 556 双定时器）几个用于原始信号源盒的 7493 计数器和一些 74191

可预置的二进制可逆计数器。学习本章的电路图后，列出需要的集成电路清单。

在做本章第一部分实验时，需要一些定时器。幸好，这些器件现在不难找到。因为实验不是一下就能完成，所以在实验期间内，我们有时间购买一些74191计数器。

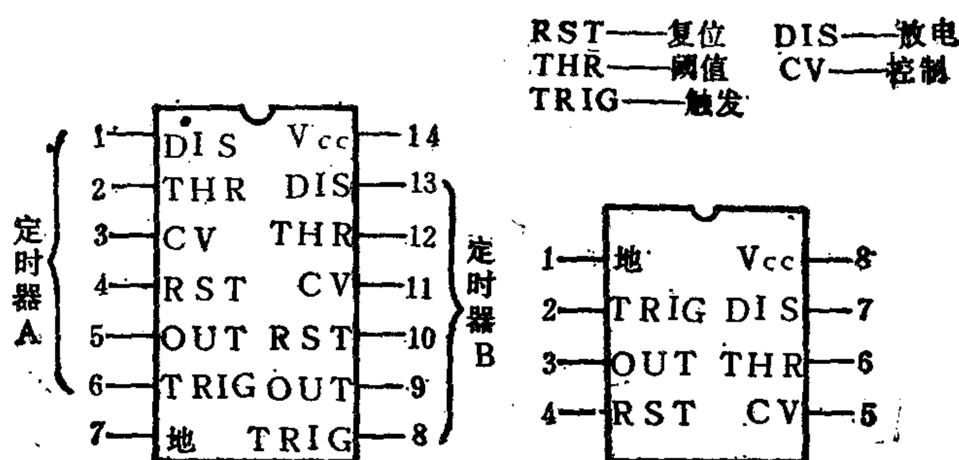
图5-1表示555和556定时器以及74191计数器集成电路各引脚。这里介绍的大部分集成电路都要求使用556双定时器。然而，你可以根据图5-1上的表改变集成电路引脚号，用两个555定时器来代替一个556定时器。



74191 可预置二进制可逆计数器双列直插16脚

输入				工作方式
ENAB	U/D	L	CLK	
1	×	×	×	停止计数
0	0	0	1	正常正向计数
0	1	0	1	正常逆向计数
0	×	1	×	置P输入

(a)



556 双定时器
双列直插14脚

(b)

555 定时器
双列直插8 脚

指定的	代替的	
556	第一个555	第二个555
1 2 3 4 5 6	7 6 5 4 3 2	/
7	1	1
8 9 10 11 12 13	/	2 3 4 5 6 7
14	8	8

(c)

图5-1　首次采用的一些集成电路　(a) 74191计数器的引脚和功能表　(b) 556和555定时器的引脚　(c) 两个555定时器代替一个556定时器的替换表，图中数字为引脚号

无论何时启动输入为逻辑0，置数输入L也是逻辑0，而且时钟脉冲加在时钟输入端时，图5-1（a）的计数器就按正常的计数方式工作。计数器根据加在U/D端的逻辑电平进行加或减计数。当置U/D端为逻辑0时，计数器加计数，而在逻辑1时，计数器则反向，或减计数。

在计数器的预置输入端PA到PD加入所希望的二进制数

码，使L输入升到逻辑1，我们将计数器预先置于所要求的计数状态。

将启动输入升到逻辑1，我们可以使计数器停止工作，并保持在这个计数状态。一旦启动回到逻辑0。计数器又从这一点开始重新工作。

串行时钟（RC）、最大/最小（MAX/MIN）输出完成特殊的串联输出控制作用，今后在讨论实际应用电路时会详细的介绍

游戏者控制的简单运动

让我们尽快和尽可能简单地在屏幕上得到一些运动的图象。为了做到这一点，我们装配一个图5-2所示的在屏幕上调整线条垂直或水平位置的电路。

这个电路在屏幕上产生一个窄的垂直或水平线条。通过控制500kΩ的电位器R_1可以将水平线条垂直移动到屏幕上任意位置。当建立的是垂直线条则可将它在屏幕上水平移动到任何位置。

这个系统的心脏是555定时器。图5-2要求使用一半556双定时器。实质上它完成一个555器件的作用。

单稳态定时器由信号源板来的**行复位**（HRST）或**场复位**（VRS T）脉冲启动，计时的实际值由R_1、R_2和C_2决定。当要产生可移动的水平线条时，由场复位触发定时电路并将R_2和C_2的值固定在3.3kΩ和0.047μF。要产生可移动的垂直条时，由**行复位**触发定时器并把R_2和C_2的值固定在33kΩ和100pF，在这两种情况下，调整控制运动的电位器R_1都是500kΩ。

系统工作情况如下：一个行或场复位脉冲启动单稳态定时器，使IC2-A第5脚输出端从逻辑0变成逻辑1，并一直保特到定时时间结束。如果电路被**行复位**触发，这个定时间间隔随着每一条行扫描线产生而产生。**场复位**触发电路在每出现一帧画面时产生定时。

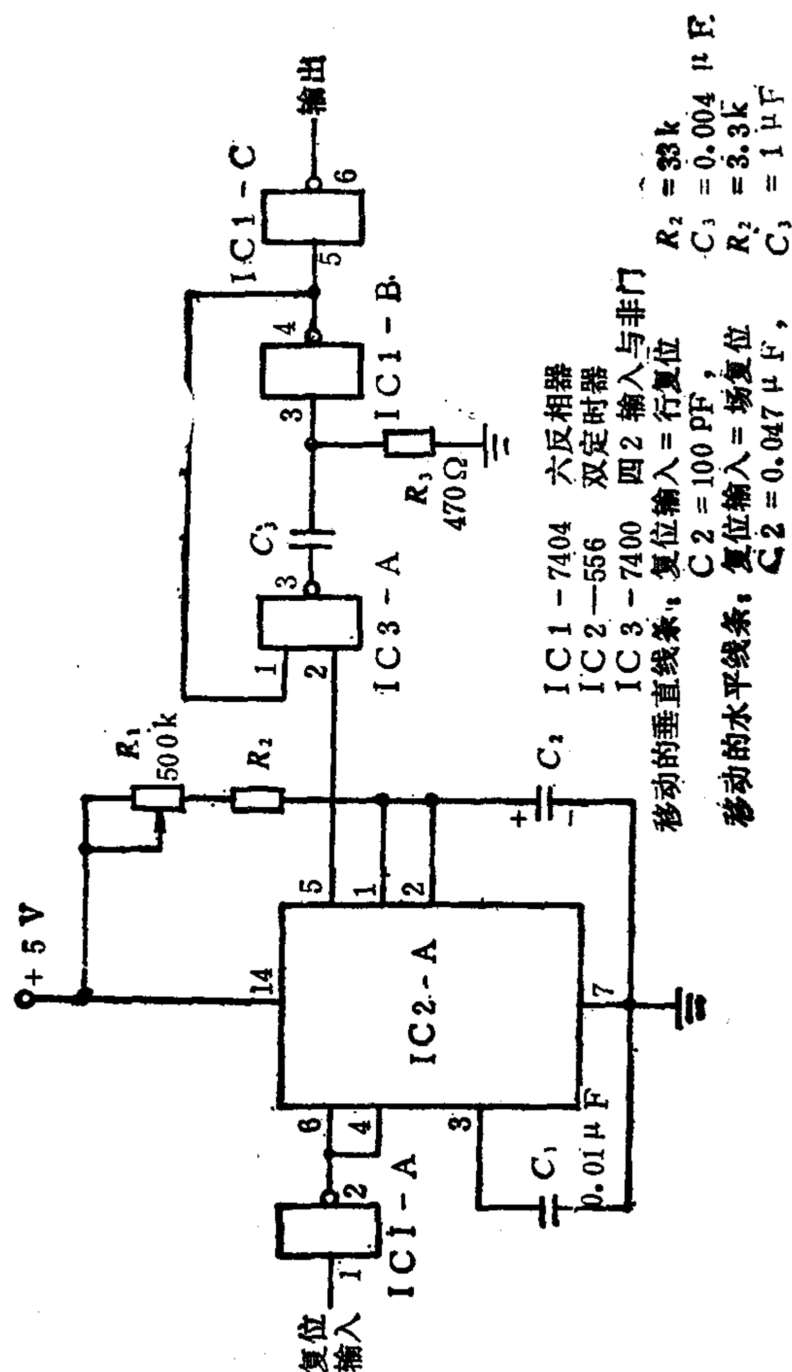


图5-2 在屏幕上调整线条垂直或水平位置的电路

与非门（IC3-A）、反相器和*RC*元件组成脉冲变窄电路，其功能完全如第三章所述，这样可以更有效地产生窄线条。如果没有脉冲缩短性质，电路会在屏幕的左边或顶端开始产生一宽白条，R_3决定白条的扩展宽度。它可能产生有趣和具有潜在用途的视觉效果，因此在游戏者控制运动图象方面，可调宽度的白条对游戏者控制的运动没有什么用途。

脉冲缩短电路，可以有效地产生窄白条，它总是出现在来自定时器的宽的，宽度可调的白条的末端。

两种可移动的垂直或水平线条的定时电阻R_3的值，均为470Ω。可移动的垂直线条对应的电容器C应约为0.004μF，而可移动的水平条则是1μF。

组装一个图5-2所示的电路，先按照可移动的水平条确定元件值，然后再按可移动垂直条进行确定。当然，读者可以调整或修改R_2、C_2和C_3所推荐的值，在任何指定位置产生任意大小的线条。我们要记住R_2和C_2影响线条的位置和运动，C_3则决定线条的宽度。

覆盖屏幕全部高度或宽度的可移动线条限制了它在一般电视游戏机中的用途。下面要研究的是在线条上开窗口，限制它的大小。请做图5-3电路实验。

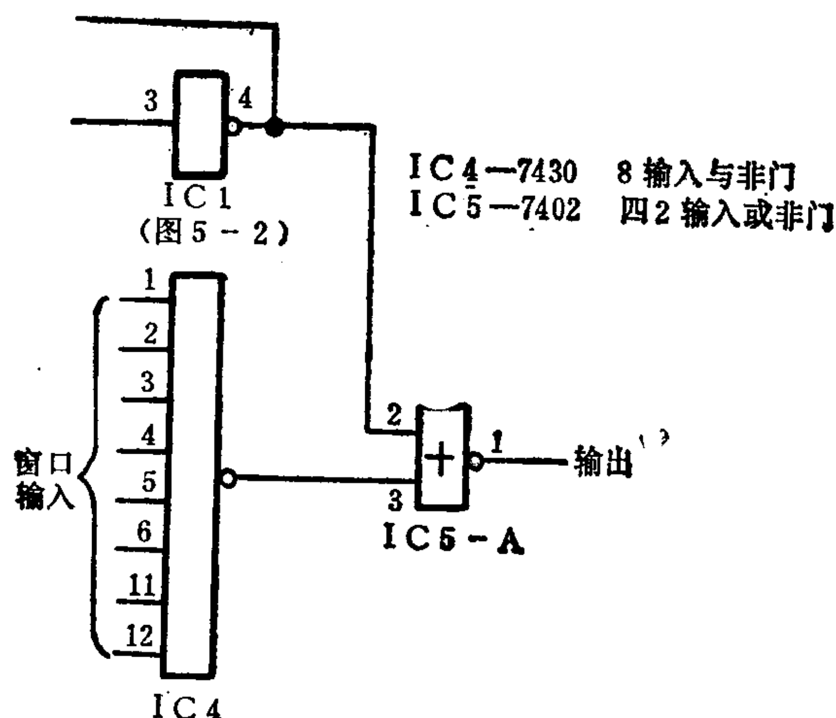


图5-3 对图5-2电路产生的线条开窗口电路

图5-3的电路产生一个非常熟悉的图象；只要看过电视游戏机的人都会知道。当你看到自己在屏幕上产生的图象一点也不激动的话，你可能失去在这项事业上的进取精神。

现在我们要做的工作就是按照图5-2，组装一个产生移动线条的电路，然后用一些行计数信号开窗口。这个例子中的或非门有效地把可移动的线条和窗口信号与在一起，产生市场上无数电视游戏中的球拍图形。

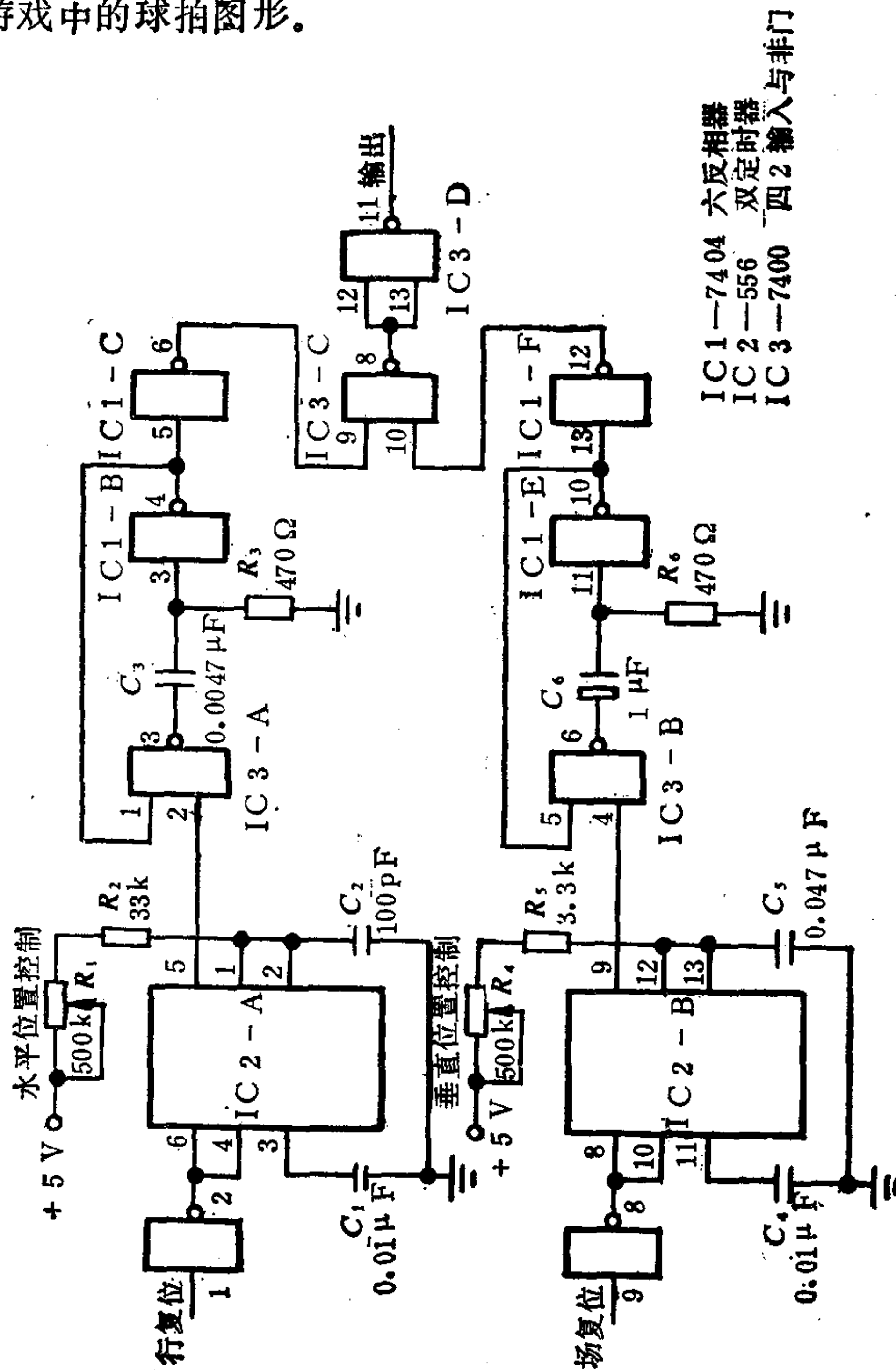


图5-4 允许矩形图形在水平和垂直两个方向移动的电路

球拍沿固定的垂直路线移动。图象的垂直位置由R_1的值决定，而窗口的技术条件决定固定的水平位置和宽度。单稳态电路中的电容C_3和电阻R_3决定球拍的高度。

用这个电路做了一会实验以后，读者可能想改变它的方向，产生沿固定的水平路线移动的球拍。那么，要改变哪些条件呢？我们只要修改图5-2的电路生产一个可移动的垂直线条，然后用信号源盒的场计数信号开窗口。

图5-3的电路和图5-2适当的可移动的线条发生器结合，是游戏者控制的简单线条或矩形沿着确定的水平或垂直路线运动的基础。

许多电视游戏要求水平和垂直方向控制。图5-4电路就是这一系统的基础。

图 5-4电路是两种运动控制电路的组合。围绕定时器IC2-A安装的电路是垂直线发生器，而围绕IC2-B安装的电路是水平线发生器。用R_1和R_4两个控制器分别控制以确定两根线的位置。

这两条可移动的线与在一起产生一个矩形，它可以固定在屏幕的任意的位置上。控制器R_1使矩形在水平方向移动，控制器R_4使它在垂直方向移动。

用两种相对简单电路进行游戏时，一定会对流行的电视游戏机有许多的想法。它们至少有一个游戏者完全控制图象的运动。事实上，你现在正在研究第一种并且是最简单一种游戏——追逐游戏。

追逐游戏

追逐游戏是最流行的电视游戏之一。现在我们有机会在本章前面介绍的游戏者控制运动电路的基础上建立其中一种电路。

此游戏要求建立两个分别独立的游戏者控制运动电路，一个对应游戏者A，另一个对应游戏者B，两个电路的输出实质上是

或在一起以便每个游戏者能够在屏幕上看到自己控制的小矩形的运动。

参考图 5-5 的电路，游戏者A的电路由定时器 IC1-A 和 IC1-B，脉冲缩短电路IC3-A，IC5-C、IC3-B、IC5-D和或非门

图5-5 简单追逐

IC6-A组成。游戏者A通过R_1控制矩形的水平位置，通过R_3控制垂直位置。

游戏者B的电路与游戏者A的电路相同，它由定时器IC2-A和IC2-B，脉冲缩短电路IC3-C、IC5-E、IC3-D、IC5-F和或非门IC6-B组成。R_5和R_7分别控制矩形的水平和垂直运动。

两个游戏者电路的输出（游戏者A从IC6-A的1脚，游戏者B从IC6-B的4脚）借助于或非门IC6-C和反相器IC4-A的工

游戏的完整电路

作或在一起。其输出信号是一个黑色背景上的白色信号，它包含有两个游戏者操纵的两个小矩形定位的图象信息。

当然两个游戏者操纵的图象在屏幕上相互追逐也是可能的，根据人的判断来确定何时"追上"，若附加一个集成电路则可由游戏机确定。

在这例子中的"追上"检测器是由与非门IC4-B和双 J-K 触发器IC7-A的一部分组成。这个接触响应电路在本书后面要详细讨论。由于基本游戏增加了一个很好的性质，读者应该把这个性质结合到电路中去。

你可以看到，IC4-B检测出游戏者两个小矩形相碰的条件，送到这个门的两个输入都是正向脉冲，每个脉冲都指示出各自矩形的位置。当两个图象至少有一部分重叠时，IC4-B的输出突然从正常的逻辑电平1掉到逻辑0（在游戏者将两个图象分开以前，一直保持逻辑电平0。）这时接触检测器IC-B的输出从1变到0，它使触发器的输出端Q处于逻辑0。

IC7-A的Q输出端与4个定时电路的复位端相连。当Q端被接触检测器置0时，它便使所有的4个定时器停止工作。矩形一掠而进入行和场消隐区域。

两个矩形无论何时相碰，它们就从屏幕上消失。这是两个矩形相碰的明显标志。要重新开始游戏，首先要把某个图象运动控制电位器调整在与原来不同的位置上，然后再按复位开关。

按下复位按钮使IC7-A输出回到逻辑1，从而定时器启动，允许另一次"追逐"游戏开始。在按复位开关之前，必须要使其中一个控制器改变位置。如果所有的控制器都不变化，系统便保持原来的"追逐"状态，屏幕上就不会出现矩形。

经过改进和具有挑衅性的追逐游戏将在后面的章节里介绍。

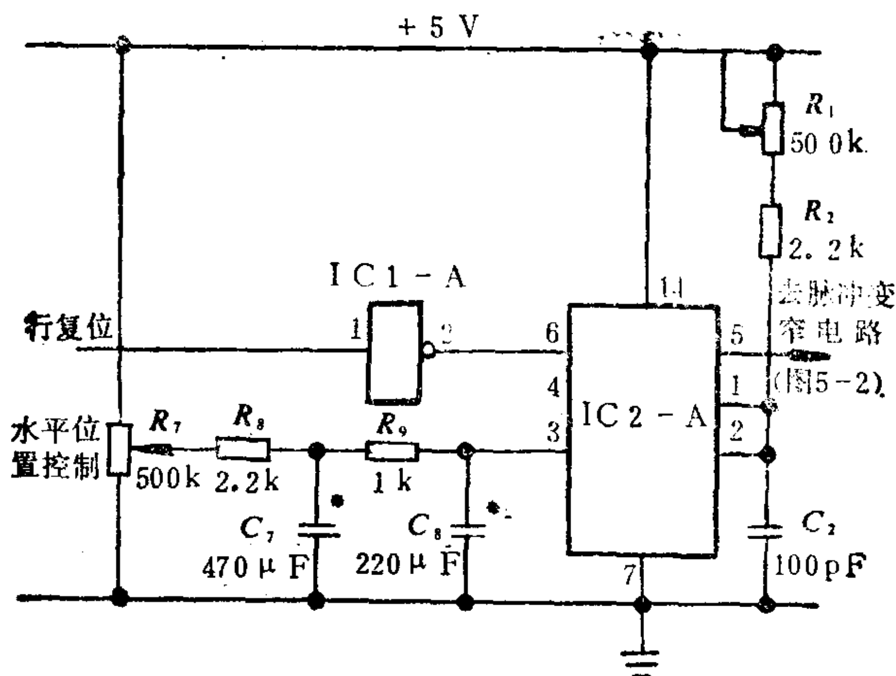
图5-5电路仅用了7个集成电路。这些集成块和元件（除了游戏控制电位器）都能安装在标准的插件板上。利用括号里所标注的引脚号，可以直接插进信号源盒。

两组游戏者控制器.可以安装在相互分开的向外突出的盒内。电路板和向外突出的盒子之间只有三条连线。一条是+5V 线；两个固定的定时电阻(游戏者A为R_2和R_4，游戏者B为R_6和R_8)各对应一条。

游戏者可以投掷一个硬币选择哪个是自己的图象，然后游戏者控制图象在屏幕上相互追逐直到它们相碰。本书后面介绍的障碍和定时电路将增强游戏的质量，上面的例子只不过是最简单的一种游戏，有一点真正游戏的味儿。

给游戏者控制器加“惯性”

到目前为止，本章介绍的游戏者控制的定位电路速度太快，不符合实际。它驱使矩形在几分之一秒时间内越过屏幕。这里介绍一种简单的改进办法，使控制器有一些惯性，使矩形具有切合实际的速度移动。



* 仅在调整 R_1 以后才增加 C_7、C_8 值（见文）
除C_2 =0.047μF外垂直位置控制电路与此相同

图5-6 给水平或垂直的定位控制增加惯性

图5-6的电路是在前面游戏控制电路里使用单稳态定时器的基础上建立的。在这个例子中，它的定时时间由R_7调整而不是R_1。

这种方法是利用加在555型定时器控制电压输入端（双556型的3或11脚）的电平进行调整来实现的。

一般来说，控制电压输入趋向于正向电源电压时，延长定时时间，如果它趋向于地电位，就会缩短定时时间。

我们首先用R_1、R_2和C_2确定基本的定时范围，然后改变加在控制电压输入端的电平，使定时时间在基本时间那一点上下变化。

我们先组装一个图5-6的电路，暂时省略电容C_7和C_8。用一根临时的跨接线接到R_7的滑臂上。

将跨接线的另一头接地，调整R_1，使白色垂直线出现在屏幕最左边，然后，把接地的跨接线一端去掉接到+5V。调整R_1直到白色垂直线出现在屏幕最右边为止。

为了得到最佳效果，我们不得不重复地操作调整两次。当R_7的滑动臂接地时，线条应该出现在屏幕的最左端。当R_7的滑动臂接+5V时，线条应该移动到最右端。

当你把R_1调到满意的位置后，就不要再动它了。将跨接线从R_7上去掉，借助于这个控制器确定线在屏幕上的位置。

初步的调整工作结束后，按图5-6说明接入电容C_7和C_8。现在调整R_7时，你会发现线条响应好象有些坡度或惯性。换句话说线条并不立即在定位上产生变化。

当“惯性”电阻R_8和R_9的值对定时调整达到极限值时，C_7和R_8的值却不受限制。你可以改变这些电容值获得所需要的惯性量。C_7和C_8的值越大，线条具有的惯性似乎越多。

用类似的电路可以改进垂直定位电路，即用**场复位**脉冲触发并使C_2的值由100pF变到0.047μF。最初的调整程序和前面已经介绍的不完善的水平位置控制电路相同。

复杂图形的手动控制

这部分内容要介绍的一种把复杂的图形移动到屏幕任意位置的方法。它是本章已经讨论的矩形移动电路的一个扩展。不用单稳态多谐振荡器产生物体，单稳态只是有效地“告诉”计数器什么时候计数，什么时候复零。然后定时器控制的计数器向矩阵发生器——第4章中叙述过的任何复杂图形矩阵发生器，提供选择和窗口技术条件。

图5-7是游戏者在垂直方向移动任意复杂图形的简单方框图和完整的电路。

每当**场复位**脉冲出现单稳态多谐振荡器IC2-A的触发输入端时，它就被触发。也即每当光栅到达屏幕的底部时，定时器便开始定时。

场消隐期间，定时器输出保持逻辑1，一直到由C_2、R_2和R_1的值确定的场扫描的一部分时间。图5-2的计时电路产生能够在屏幕上下移动的水平线。在这个例子里的定时器使IC3和IC4两个计数器清零，并保持计数器输出为0。

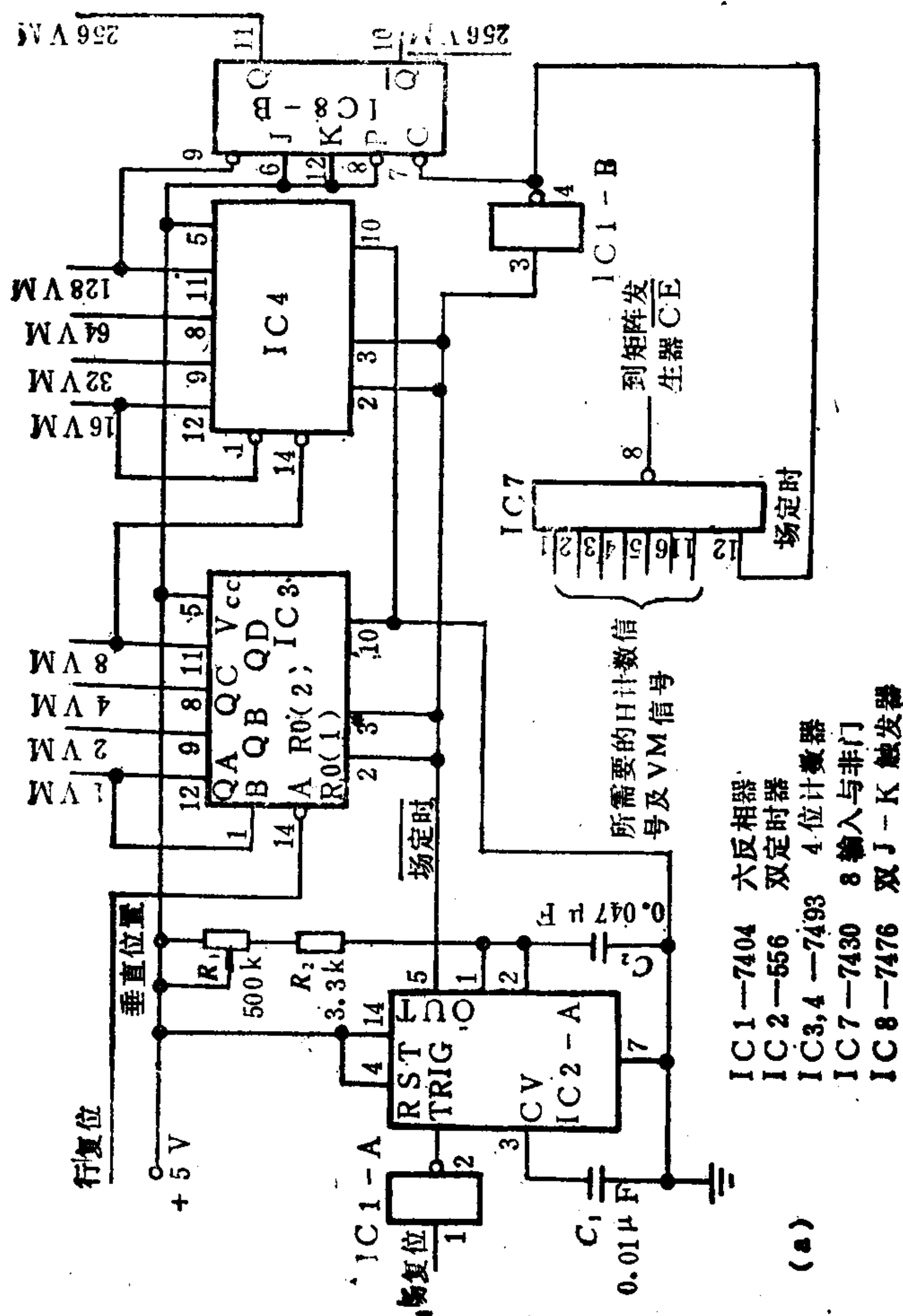
当定时时间一结束，IC2-A的输出就下降到逻辑0，两个计数器在信号源盒的**行复位**信号输入下进行计数。

计数器在场扫描其余时间继续计数，直到**场复位**信号给出帧结束标志。

两个计数器实际上产生一组交替的场计数脉冲。这些信号和信号源盒的场计数信号有同样的频率和计数方式。这些控制运动的场计数信号在IC2-A完成它的定时时间开始，不是从**场复位**脉冲开始计数。为了区分控制运动的场计数信号和信号源盒的场计数信号，控制运动场计数信号用1VM，2VM，4VM等等，直到128VM记号表示。（256VM不包括在内，因为产生第四章中介绍的任何复杂图形都很少用256V信号。）

图5-7的8输入与非门IC7是从实验目的考虑的。它通常是复杂图形矩阵产生器窗口电路的一部分。

组装一个图5-7（a）的电路，把IC7的输出连接到数据选择器的$\overline{CE}$端。你可以用这个控制运动电路使复杂图形沿垂直线移动并定位下来。见图5-8的例子。



(a)

图 5-8 的电路产生一个火箭图形，借助于垂直定位控制器 R_1，使火箭在屏幕上下移动并停留在某一位置。

注意图 5-8 的复杂图形产生的技术条件，矩阵发生器的 S0 输入当4H被8H折叠。这两个行计数信号直接取自信号源盒。而

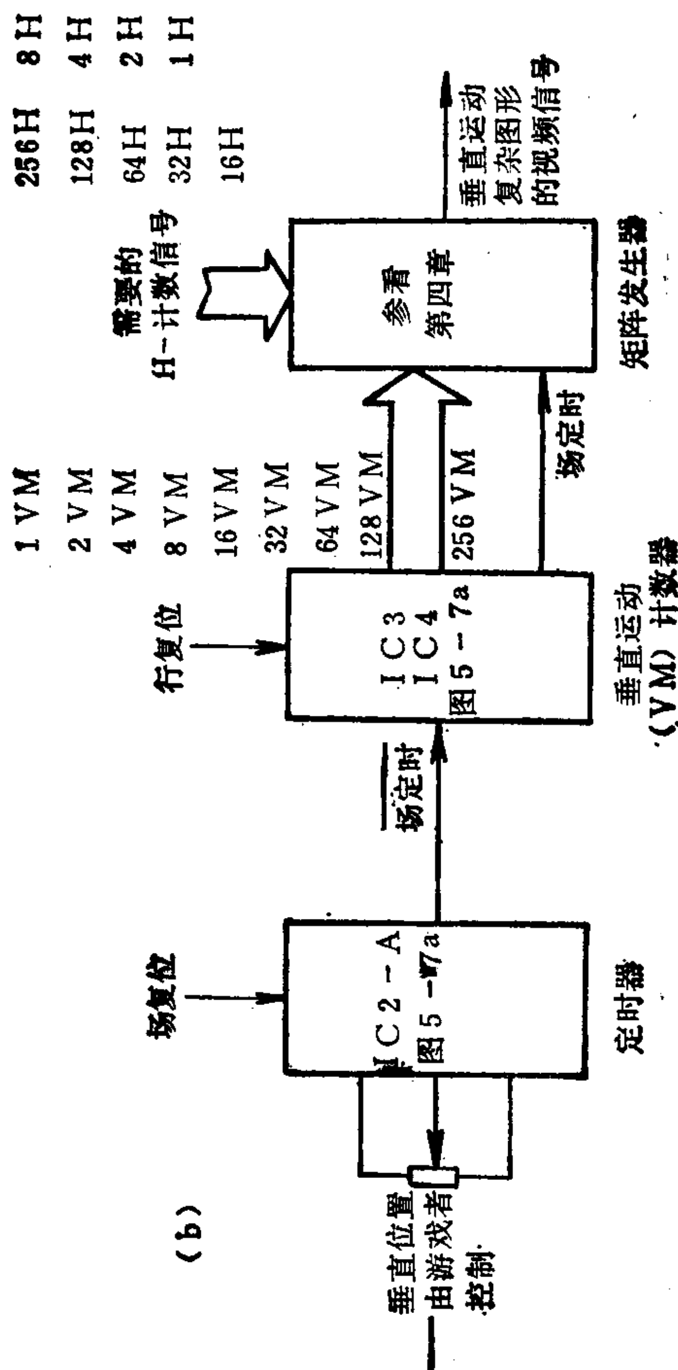


图5-7 复杂图形的手动控制 (a)垂直运动控制的基本电路 (b)可垂直移动复杂图形的方框图

场选择输入来自垂直运动控制电路的4VM，8VM、16VM。

这个电路产生一个4×16扩展折叠矩阵，水平部分直接取自信号源盒，垂直部分从图5-7（a）的计数器得到。

当你在屏幕上得到可垂直移动的火箭图象以后，可以通过选择C_2和R_2的值来调整火箭的运动范围，还可以改变一个或两个

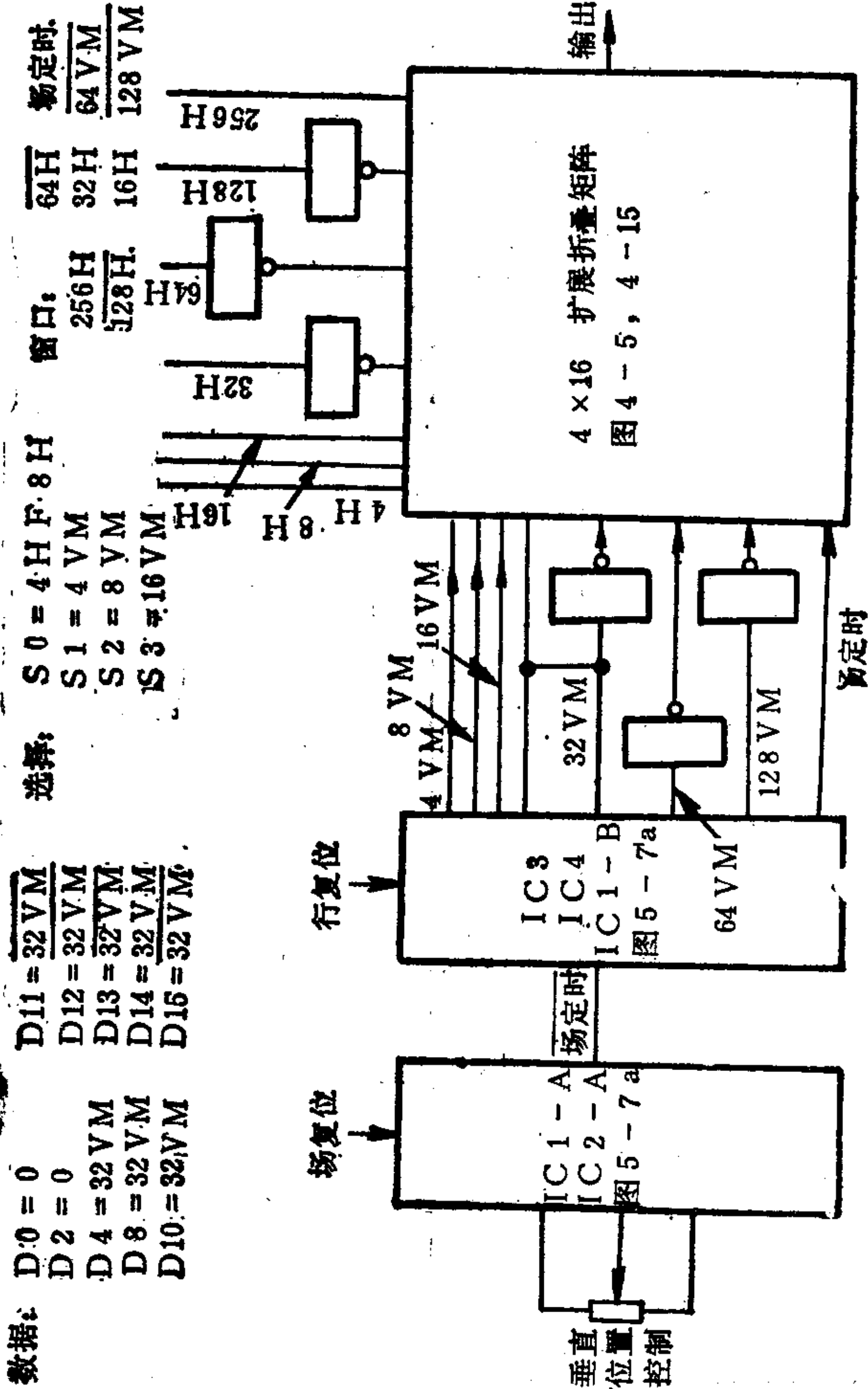


图5-8　垂直移动的火箭图形的技术条件和方框图

到电路窗口部分的反相VM信号，使垂直控制范围变化。

实际上，读者可以用下述方法建立自己喜爱的复杂图形，并使它在屏幕上移动，这就是用VM来代替你为固定复杂图形确定的场技术条件。

当然你可以改变定时电路，如图5-6所示给垂直运动引入一些"惯性"。

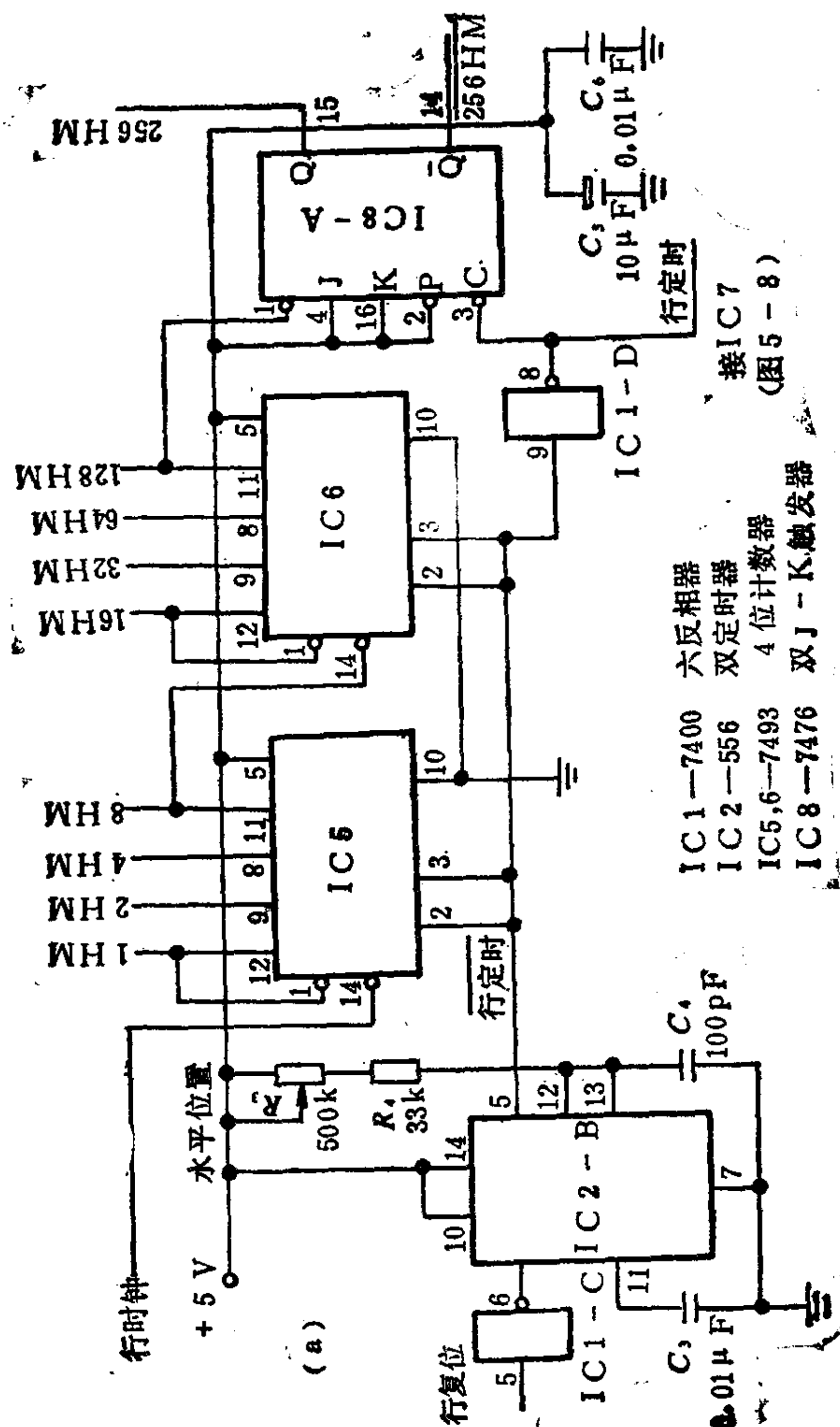


图5-7的基本垂直运动控制电路，将在本书后面介绍的各种乒乓球游戏中起十分重要的作用。

水平方向用手动控制产生复杂图形的电路，实际上类似于垂直运动电路，事实上，基本构思完全相同。

如图5-9（a）所示，单稳态多谐振荡器被每次行扫描结束时出现的**行复位**脉冲触发。虽然水平运动计数器(IC5、IC6、和

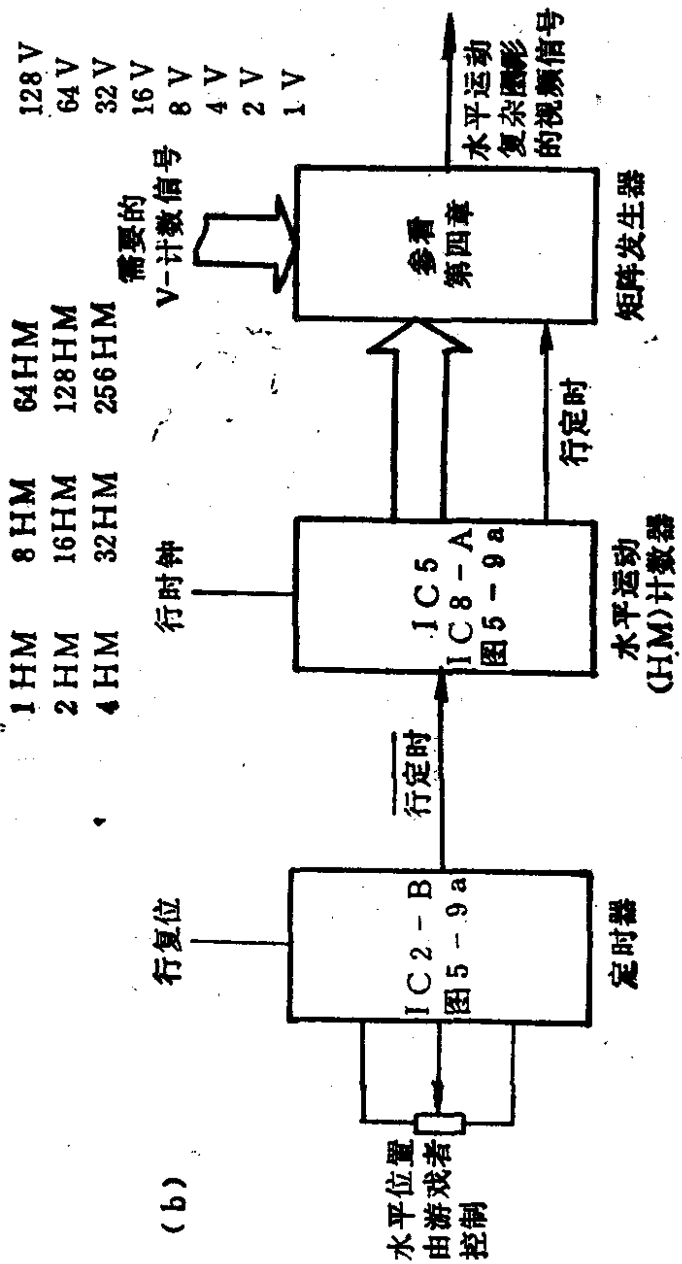


图5-9 复杂图形的手动控制 (a) 水平运动控制的基本电路 (b) 可水平运动复杂图形的方框图。

IC8-A)连续地接受行时钟，但是定时器保持行计数(HM)为0直到IC2-B的**水平定时**输出降到0为止。这时HM计数器开始工作，并产生标准的延迟行计数信号。

读者可以先制作一些第四章介绍的复杂图形发生器，然后把

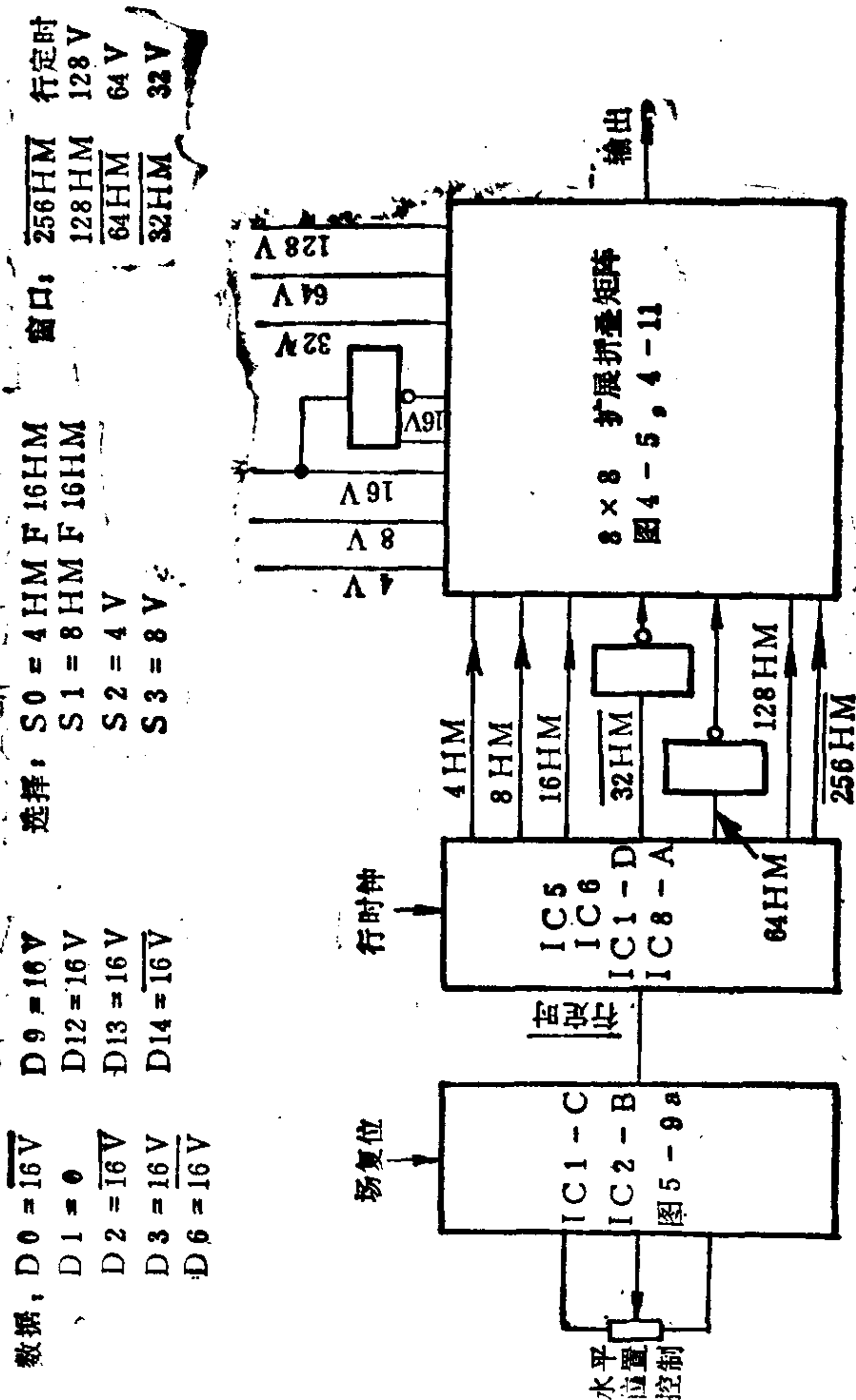


图5-10　可水平移动赛车图形的技术条件和方框图

它们与水平运动控制电路连在一起，如图5-9(b)方框图所示。所有的行计数信号都来自水平运动计数器，而场计数信号来自信号源盒。

游戏者可以利用水平位置控制器R_3使复杂图形在屏幕来回移动。它和垂直运动控制电路一样，通过选择R_4和C_4的值可以改变水平运动的范围。

图5-10表示产生赛车图形的方框图和基本矩阵的技术条件。赛车在水平方向可以移动。读者可以用同样的通用电路产生水平移动的复杂图形。

图5-11是可运动赛车的完整电路图。它包括矩阵产生电路，这个电路将在本章后面叙述的比赛游戏中使用。

利用括号里标注的插脚号，将这个电路固定在插件板上并插入信号源板插座。

水平位置控制电位器R_1应该安装在向外突出的盒里，并用导线连到主电路的5和6脚。当我们接触这个小盒时，如果会引起显示图形失真，那么从盒内再引一条线接到电路的公共端。

把数据选择器的反相输出接到插座的16脚（游戏图象输出），就可以看到图形。当这个电路用作较大规模游戏的一部分时，它的输出可以从15脚取出。

掌握制作可以垂直或水平运动的复杂图形电路技术以后，我们应该将它们归纳一下。

为了达到在垂直和水平位置上进行手动控制的目的，组装两个电路如图5-7（a）和图5-9（a）。利用VM和HM输出，用场和行计数技术条件，作为用第四章介绍的方法产生的任何图形都能移动。

用这个控制运动电路进行实验，直到你掌握一些巧妙的性质，这对学习的人来说是十分重要的。

对于那些没有用这个系统做过实验的人来说，开适当的窗口和选择水平和垂直运动范围都会引起他们头疼。

IC1—7404 六反相器
IC2—556 双定时器
IC3，4—7493 4位二进制计数器
IC5—7476 J-K触发器
IC6—7430 8输入与非门
IC7—7486 四异或门
IC8—74150 16选一数据选择器

R1装于外部水平位置控制用

跨接线

行时钟

行复位

行定时

括号中的数字为印制版插脚号

图5－11 可以水平移动赛车的完整电路图

本章到现在为止，所介绍的游戏者控制电路仅仅是一些最简单和最直接的方法。

还有另一种方法获得游戏者控制运动，它将在本章最后叙述。现在试验的电路非常适合比较简单的游戏，它们的造价低，对运动的图形控制不太严格。

后面要叙述的运动控制电路有造价高和电路复杂的缺点，但是它有控制正确和通用性强的明显优点，它既能用于游戏者控制的运动又能用于自动运动。因此，非常适用于存储程序式的控制运动。

在确定哪一种游戏控制运动最适用于某一流行的电视游戏之前，好好学习这一章是非常必要的。在学习电路和做实验时，多花费一些时间，最后会得到收获的。

图形自动运动

没有自动运动的电视游戏不是非常好的电视游戏。事实上，自动运动使传统的台式游戏和电视游戏分离。举例说，当今市场上一些可编程电视游戏系统，他们夸耀可以玩几百种不同的电视游戏；然而大多数游戏可以在纸上玩。依靠自动运动的游戏，使电视游戏博得人们的喜爱，在世界范围内广泛流行。

简单的垂直运动电路

最简单的一种图象运动控制电路是仅含有垂直运动的电路。然而这种自动运动的简单形式与用途是不相符的。这个简单的电路与一些游戏者控制的运动及有意义的复杂图形结合，使实验者获得各种各样有趣的图形。按照所述仔细地实验，你就能对自己会做什么留下深刻的印象。

图5-12电路允许游戏者控制和调节一个简单矩形图形的垂直运动方向和速度。这个电路的心脏是以556定时器部分为基础

的自激振荡器。选择振荡器的参数使之产生大约50Hz的频率。由于没有与信号源板的场计数信号同步，所以振荡器在50Hz频率附近变化是可能的。

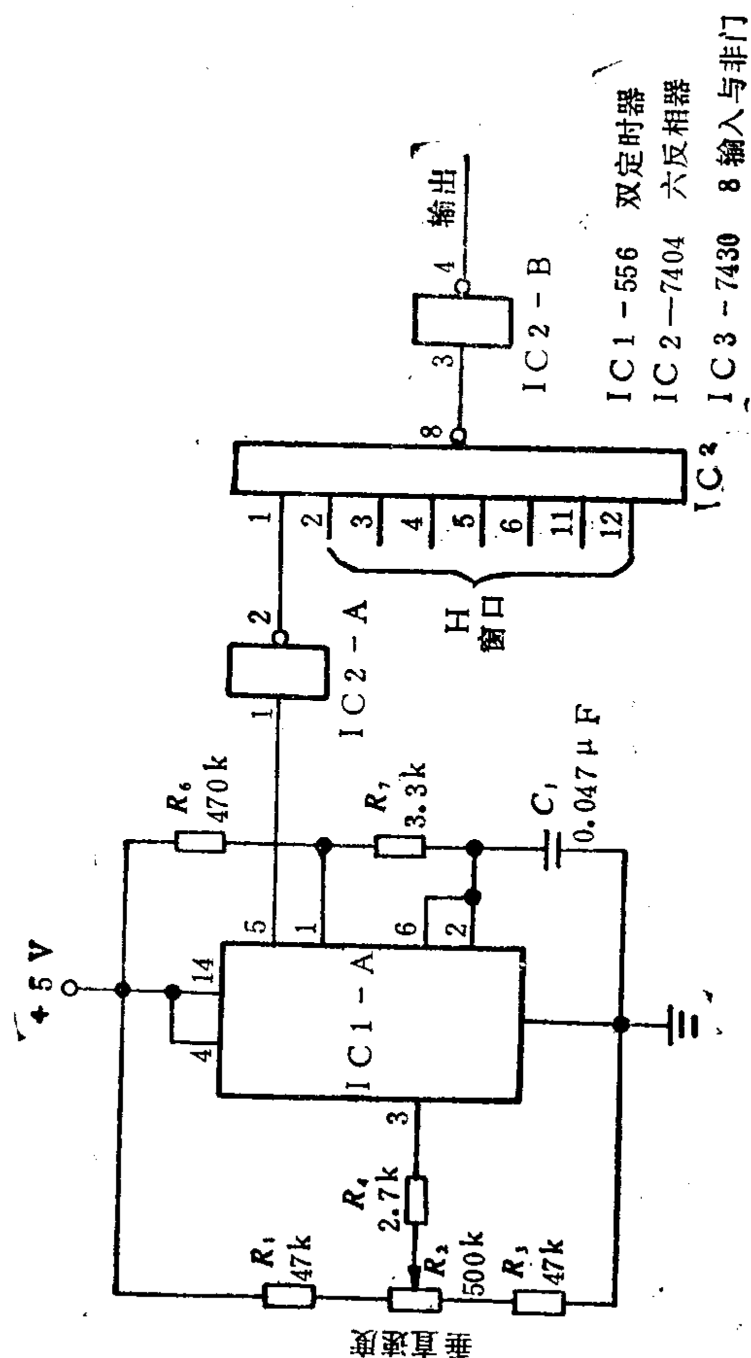


图5-12 简单的垂直速度和方向控制

IC2和IC3的主要目的是为垂直运动的矩形开窗口，以便在屏幕呈现一个矩形不是一条窄的水平线。建立这个电路并记录从

反相器IC2-A的第2脚取出的图象信号。你会发现在屏幕上出现一条上下运动，其速度由R_2确定的水平白条。

R_2应该可以调整，使白条固定在屏幕上的任意位置上。这白条也可能在一个方向或另一个方向缓慢地漂移，但是应该记住这是最简单的而不是最精确的垂直运动电路。

无论何时，你把白条停留在屏幕时，振荡器以垂直帧速振荡，其频率大约是50Hz。

稍微调节一下R_2，白条在屏幕上会向上移动。控制器在此方向移动越远，白条运动的速度越快。当白条在屏幕上向上移动时，振荡器的频率低于垂直帧速50Hz；白条运动越快，频率偏离50Hz越远。

当你调节R_2使白条向下移动时，振荡器的频率高于50Hz。往下运动越快，频率越高于50Hz。

你现在有一个可变频率振荡器，其中心频率约为50Hz，升高或降低它的频率使图形在屏幕上向上或向下运动，其速度由偏离基本频率50Hz的多少确定。

利用到IC3的窗口输入在水平方向使线条变窄。根据图5-12所示的电路元件值，如果用256H，128H，64H对白条开窗口，就可以看到一个非常好的方形。

R_7的值决定矩形的垂直高度。减小R_7的值就小了矩形的高度，增加R的值就增加了矩形的高度。十分遗憾，R_7值的任何改变都要引起振荡器频率的变化。因此，在改变$R7$值使矩形高度变化时，你必须从相反的方向，改变$R6$的值，其大小与之相应，

调整R_6和R_7的值改变矩形高度，并且保持方向上和垂直运动速度上进行完全的控制。

电阻R_1和R_2确定速度控制的范围，也可以仅用R_2调整。如果这些值太小，控制会太灵敏，使得矩形运动太快，人们看不清楚。反复调整R_1和R_2的值，以获得最适合的速度控制范围。

如果你喜欢用数学方式表示，请考虑下列方程：$S=50-f$，

S是矩形在屏幕上向上或向下偏移花费的时间。f是振荡器的频率。如果S是负数，则意味着图形向下移动。如果S是正数，图形便上移动。

如果图形在1秒时间向上移动穿过屏幕，振荡器的频率是多少呢？解这个方程式可以用+1代替S便得到49Hz。如果矩形用1秒时间穿过屏幕向下运动，振荡器的工作频率又是多少？我们只要重新排列一下方程便可解决：用-1代替S，便得到$f=50-(-1)$或51Hz。

对上面代数式感兴趣的真正原因是说明大多数的游戏要求在基本的50Hz帧速附近有1Hz最大的偏移。这意味着有2Hz的带宽，或与可能出现的51Hz有2Hz的最大偏离值（移动图象快于每秒偏移一次是很少需要的）。

频率变化的百分率是在4%，最好在556定时器频率稳定度2%内。

就在假设你要用同一种电路作为自动水平控制器，这就是说，你应该装一个同样的电路，而且用振荡器的频率15625作定时值，此频率也是基本的行扫描频率。

象垂直运动控制电路一样，图象横过屏幕需要的时间，由$S=15625-f$表示，f是振荡器频率。如果S为负数，这意味着图象向左移动；S为正值，意味着图象向右移动。

如果你希望在一秒内使矩形横向穿过屏幕，就应使振荡器频率在15625Hz上下变化1Hz，即在15624Hz和15626Hz之间。它变化的最大百分率比0.01%稍大一点。十分遗憾，556定时器和稳压电源不能保证这一点。

以图5-12简单的垂直速度和方向控制电路为基础，装一个水平运动控制电路，这会使你很失望。因为他不能在屏幕上得到稳定的图象。

用图5-12电路产生复杂图象与定位控制器（如图5-9（a）所示）结合的电路也是困难的。问题在于振荡器不得不工作在大约

15625Hz的行复位频率上，而我们刚刚从数学推导中证明：在这个频率上难以稳定，无法得到平滑控制。

垂直速度控制也不宜采用数字控制，当垂直运动的速度和方向由游戏电路决定，而不是由游戏者决定时，才需要数字控制。

图5-12的电路完全适用于由游戏者控制的简单线、条和矩形在垂直方向运动。任何种类的水平运动，复杂图形的垂直运动，或游戏电路本身控制的垂直运动，用图5-12的电路就不太好。

幸好有另外一种可以克服这三种缺点的电路。它的原理一般称为滑动计数器运动。其想法就是先装一个实际上与信号源盒内的行和场记数器相同的电路。第二个计数器电路不能与信号源盒中的电路同步。实际上，由于它们与信号源盒中产生光栅的计数器不同步。由滑动计数器产生的图象便滑过屏幕。

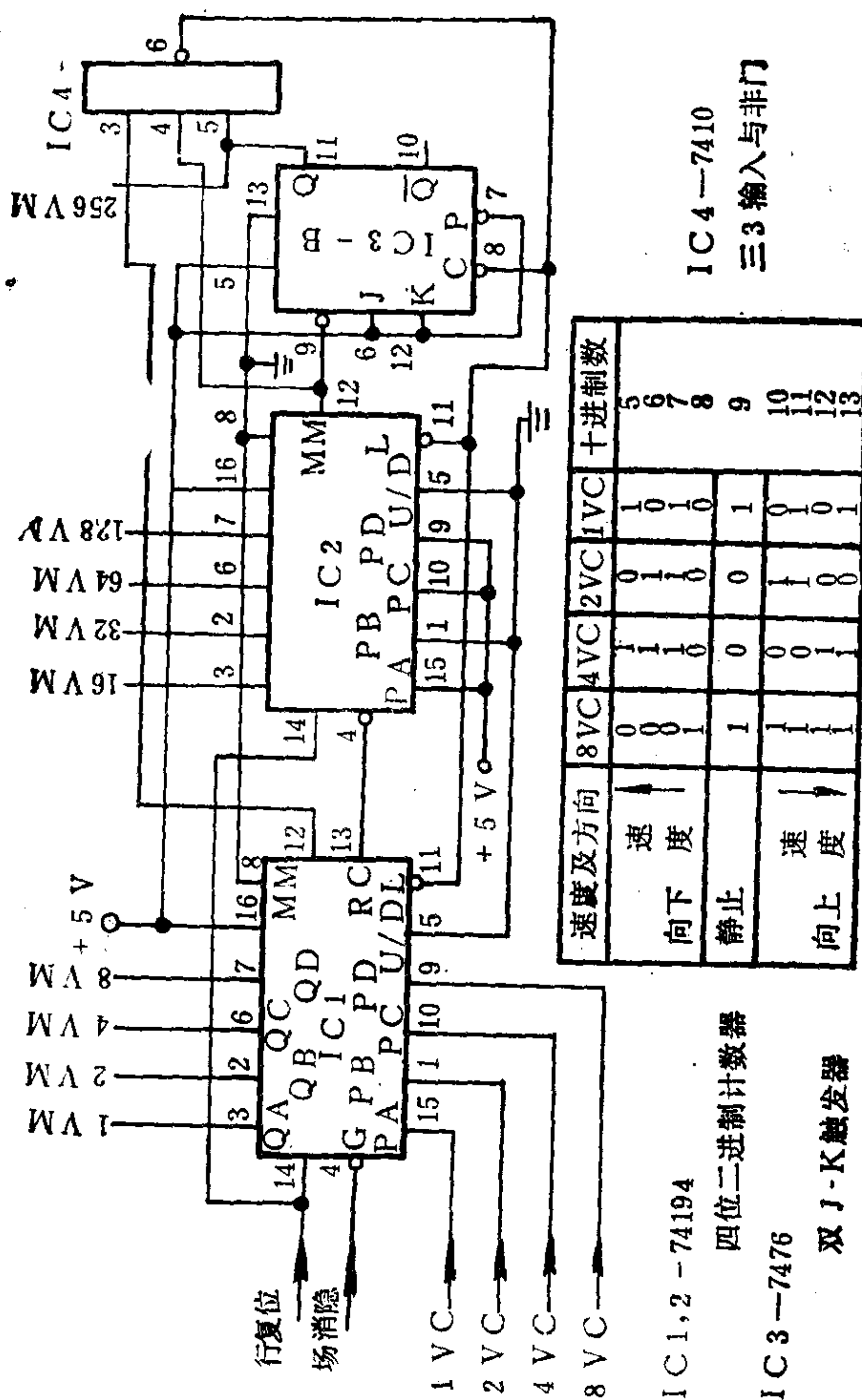
滑动计数器垂直运动控制

图5-13是滑动计数器控制垂直运动的基本电路。实际上，它相当简单，仅由三个集成电路组成：两个74191可预置的四位二进制计数器，一个7476双J-K触发器和一个7400三3输入与非门。

让我们回忆一下第二章的内容：信号源盒产生由312条线组成的场扫描区域。其中有18条线在场回扫时间被消隐，但是，关键是在信号源盒计数发生器内每帧计数输出310个**行复位**信号。

现在，如果你能另装一个在每个周期计数输出310个**行复位**脉冲的场计数发生器，你将得到第二个场计数脉冲源。新计数器将以信号源盒中的计数器同样的频率工作，但是它的复位点能在每场任何位置上出现。换句话说，虽然它们的频率相同，但是却不同相——从0到310**行复位**场时钟间隔的任位置上都不同相。

下一步，假设你用这个不同相的场计数发生器在屏幕上产生图象，这个图象在屏幕上是不动的。但是能依靠它与信号源盒中场计数发生器的相位关系，使图象上下移动。它们的相位差越大，移动的距离越大。



速度及方向	8VC	4VC	2VC	1VC	十进制数
向下 速度	0	1	0	1	5
	0	1	1	0	6
	0	1	1	1	7
	1	0	0	0	8
静止	1	0	0	1	9
向上 速度	1	0	1	0	10
	1	0	1	1	11
	1	1	0	0	12
	1	1	0	1	13

图5-13 滑动计数器控制垂直方向和速度

我们让图5-13的滑动计数器的频率与信号源盒中场计数发生器的频率相同。而它们的相位差是信号源盒中的场计数达到150时，滑动计数器达到100。这样，滑动计数器在信号源盒计数器之

后，循环输出50个**行复位**脉冲，从滑动计数器场计数输出产生的任何图象，在屏幕上比信号源盒场计数输出产生的同样图象低50条扫描线。

改变相位使滑动计数器计数到100时，相应的信号源盒计数器到50。你会发现，图象在屏幕上向上移动50条扫描线。这种情况下，滑动计数器超前信号源盒场计数器50个**行复位**脉冲。

只要滑动计数器的频率与信号源盒场计数发生器的频率相同，由场滑动计数器VM输出产生的图象就不运动。当它们的频率不相同时，图象在屏幕上就会上下移动。

假设滑动计数器对在一帧内改变行复位脉冲数目能保证做到。如果此计数器具有311计数能力而不是310，计数器在每一帧后复位一条扫描线。整个效果是滑动计数输出产生的任何图象在屏幕上缓慢，但是稳定地向下移动。

研究这种运动的效果，有两种方法。它们都会得出同样的结论。这一点，留给读者去思考。

解释刚才介绍的稳定向下运动的一种方法是认为每完成一帧画时，滑动计数器就发出一个远离相位的**行复位**脉冲。由于图象的位置由滑动计数器和信号源盒计数器之间的相位决定，这种相位关系的连续变化，便产生稳定运动的效果。

图象稳定运动的另一种方法认为是滑动计数器稍微不同于信号源盒计数器的频率。如果滑动计数器在每一帧有311脉冲循环，而不是310个脉冲，这就意味着它工作在稍低的频率上。换句话说，滑动计数器工作时与信号源计数器不同步。由于它的工作频率稍低，图象在屏幕上向下“滚动”。

滑动计数器计数到309**行复位**脉冲，代替信号源盒的310个脉冲间隔，图象在屏幕上往上移动。这就意味着滑动计数器工作在较高的频率上。

运动方向由滑动计数器的频率比信号源盒计数器频率高还是低来决定。如果滑动计数器工作在较高的频率(短计数)图象向下

运动，如果滑动计数器工作在较低的频率（长计数），图象向上运动。当两个频率一致时，图象就不运动。

现在，两个频率相差越大，图象运动得越快。如果使滑动计数器每帧少数4个脉冲，图象向上移动的速度是每帧少数一个脉冲的四倍。当每帧多数4个脉冲，根据同样的道理，图象会快速地向下移动。

图5-13表格表示能够输入到垂直运动滑动计数器电路的5个4位代码。当代码是1001（十进制9）时，滑动计数器工作在与信号源盒组件中的场计数发生器的频率一样，其结果是在屏幕上出现不运动的图象。

输入十进制8、7、6或5，迫使滑动计数器每帧增加计数1、2、3或4个行复位脉冲，它以每帧1，2，3或4条扫描线的速度向下移动。(因为每秒要完成50帧，因此可以计算出图象在屏幕上，上下移动所花费的时间）。

根据图5-13表格，输入相当于10进制的10，11、12或13引起图象向上移动。本例中的计数器实际上每帧减少1，2，3或4条扫描线。

以上所述，仅仅是告诉大家图5-13控制电路是做什么的。现在，我们要细致地分析这个电路是怎样完成任务的。

熟悉数字电路的人，应该识别出这个电路由二个四位计数器和一个J-K触发器组成的9位同步二进制计数器。它们由输入到两个集成片的14脚的**行复位**脉冲同步。然而，借助于加在IC1G控制输入上的**场消隐**信号，使计数器在场消隐期间截止。只要**场消隐**处在逻辑0——除了场消隐时间外，其他所有时间允许电路以**行复位**的速率计数。

2输入与非门在正常情况下输出逻辑1，只有当计数输出达到11111111的最大计数值时，与非门才下降到逻辑0。此例中2输入与非门的两个输入为1，它的输出为0。

每当IC3-A的输出下降到逻辑0时，一组二进制数码输入到

两个计数器中。IC2总是输入1101，在IC1预置输入端PA到PD的4位数码输给IC1。其数字就是在图5-13表格中的运动代码。

计数器达到它的最大计数值（111111111或十进制511）时，它很快输入IC1预置端所呈现的数字5到13。例如，如果VC输入呈现1001，计数器就用11011001代替11111111或十进制217。计数器继续朝111111111计数，在场消隐间隔内暂停16个计数脉冲。在一个完整的周期内，总的记数间隔是310，与信号源盒计数电路产生的计数间隔的数目完全相等。用VM输出，产生的图象在屏幕上固定不动。

如果改变VC的输入使它表示一个不是9的二进制数，滑动计数器在每一个周期，可能计数多或计数少。例如，输入二进制8，这就迫使滑动计数器在每个周期附加一个行复位脉冲。这增加了周期的时间，换句话说，降低了频率。它的结果是由VM输出产生的图象在屏幕上向上移动。

输入比9大的数目将缩短滑动计数器的计数周期，使频率上升。用VM输出产生的图象在屏幕上向下移动。

安装一个图5-13的电路，从较高一级的VM输出。例如，32VM或64VM取出视频信号进行试验。当在VC输入端送入1001时，屏幕上的水平条应该静止不动。输入1010或1011时，白条应该相当缓慢地向上移动。当在VC输入端输入1000或0111时，白条应该以相同速度向下移动。

你现在可以很方便地产生连续垂直运动的条、线、矩形和复杂图形。根据第三和第四章介绍的一切方法，用VM信号代替通常在信号源盒确定的场计数信号。在装好下面介绍的水平滑动计数器以前，使用通常信号源盒中的行计数信号。

如果你已经进行了本章推荐的垂直运动实验，你就会敏锐地知道，滑动计数器改变运动的方向和速度的方法比振荡器控制运动电路的方法困难得多。

滑动计数器技术不适宜采用在较简单的控制电路中使用的简

单的可变电阻直接控制，本章的结尾部分介绍一种用电位器控制滑动计数器的简单方法。游戏者用手动控制垂直运动的方向与速度，例如图象是简单的线、条或矩形的话，图5-12的控制电路是比较好的。

另一方面，若游戏要求在垂直方向和速度方面进行自动控制时，最好选择滑动计数器，它的速度和方向控制性能较好。当图形比线、条或矩形更复杂时，滑动计数器技术也仅仅是一种方案。

当你掌握这两个基本的计数控制电路以后，就会有足够准备和能力处理需要垂直运动的游戏设计问题。

滑动计数器水平运动控制

当需要选择垂直运动控制电路时，读者会有几种选择方案，但还没选择控制水平运动的速度与方向的能力。

有人可能认为将本章介绍的垂直运动电路改动一下就能适应水平运动的需要。这种想法是简单的用**行时钟**代替**行复位**，用**行消隐**代替**场消隐**。其实，完全不是这种情况。仅仅用行计数参数取代场计数参数，它在屏幕上产生的图象相当混乱，并且毫无用处。

水平计数的基本性质是滑动计数器决不允许改变每一条水平线的计数长度。对屏幕上的每一条可见的扫描线，都必须把计数器的停止代码输进水平滑动的计数器。如果不这样做，读者将会看到一系列的对角线而不是垂直线穿过屏幕。

除了一条特殊的扫描线——在场消隐期间产生的一条线外，其它任何时刻，水平滑动计数器都必须输入它的停止代码。

如果水平滑动计数器输入一个延迟水平定时的数，垂直线将向右移动，而延迟计数在场扫描中只出现一次。

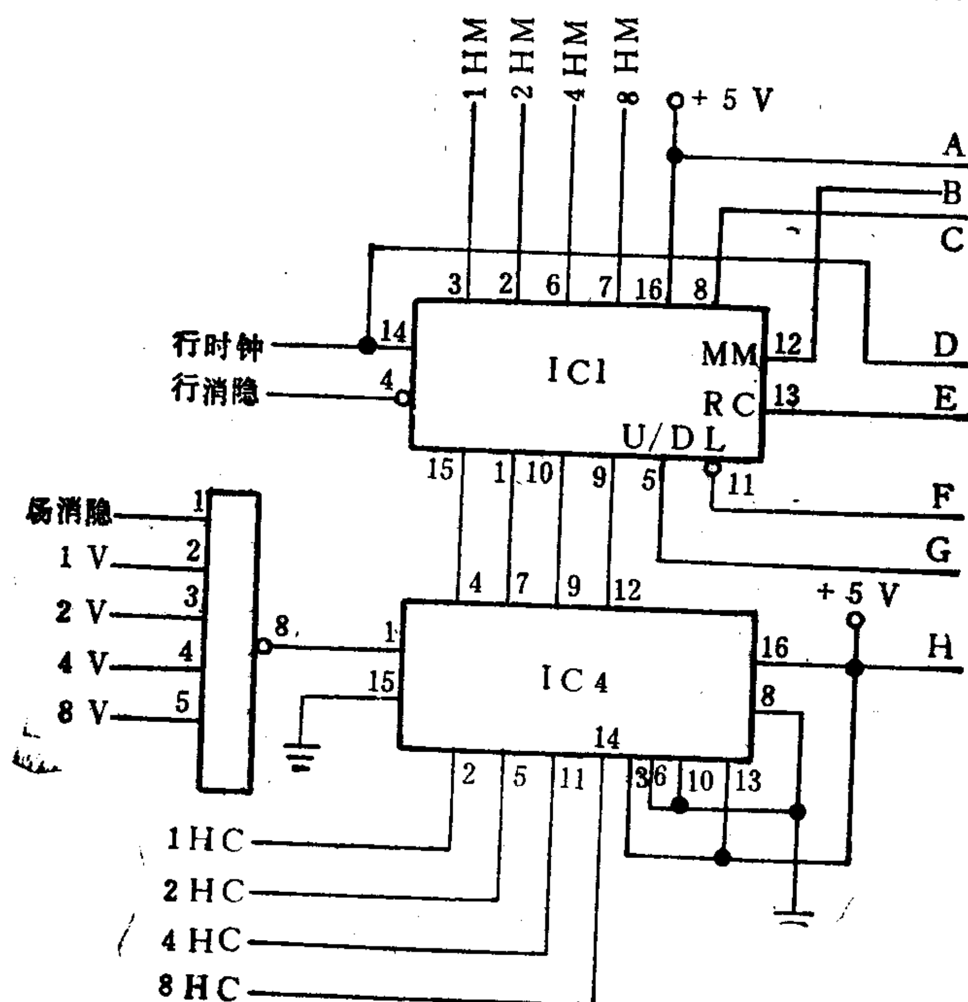
另一方面，在一条特殊的扫描线期间提前计数将使垂直线向左移动。在其它时间，计数器必须看到它的停止代码。

图5-14电路是一个基本的水平滑动计数器。这是本书内使用

的唯一的水平运动电路。

图5-14的集成片IC1、IC2、IC3和IC5和图5-13垂直滑动计数器一样，起同样的作用，它们产生9位水平计数周期的计数输出，IC1和IC2各自产生4位，从J-K触发器IC5取出第9位。

IC5的3输入与非门指示出11111111或十进制511的计数器溢出。在这种情况下停止代码的起始点是二进制的10001001或十进制137。取出这两个数字的差，最后得出有374个脉冲的计数周期。这就是产生可以水平移动的图形在屏幕上静止不动时所需要



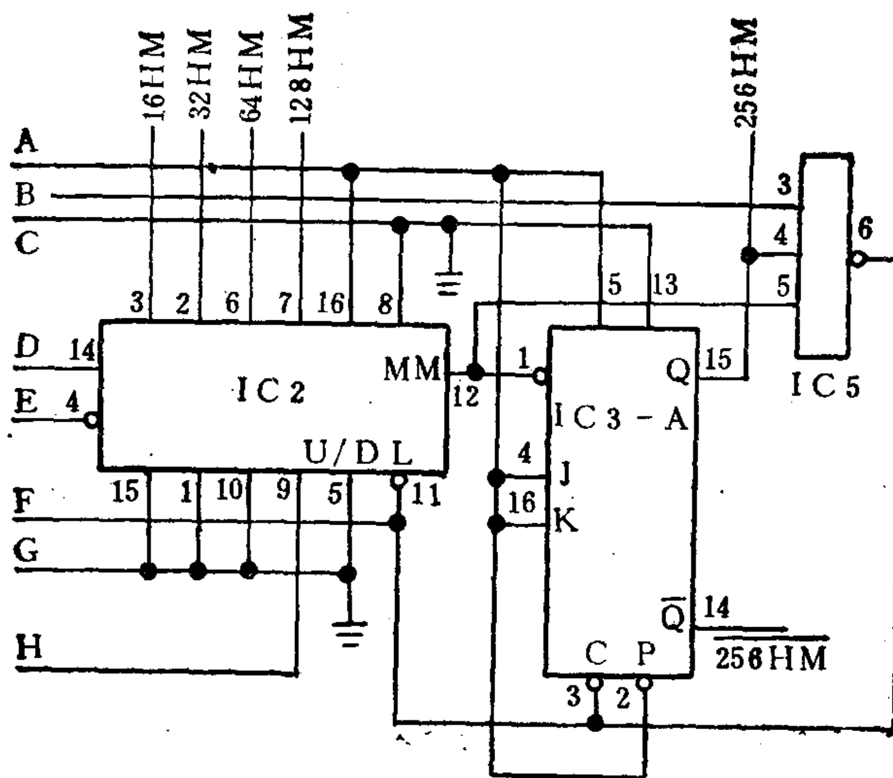
IC1,2—74191 4位计数器
IC3—7476 双J-K触发器
IC4—74157 四2选1数据选择器
IC5—7410 三3输入与非门
IC6—7430 8输入与非门

图5-14 滑动计数器

的脉冲数。

聪明的读者可能会发现这些数字完全不同于信号源盒行计数器的计数周期。它产生454个脉冲。

回答这个具体问题涉及到加到图5-14的IC1启动（*G*）输入端的**行消隐**信号。正脉冲的出现使水平滑动计数器在每一扫描线结束时。停止计数80个**行时钟**脉冲，所以如果你从信号源盒的计数时间中去掉这80个**行时钟**脉冲，当水平线在屏幕上可见时，你



速度及方向	8HC	4HC	2HC	1HC	十进制数
右 速度↑	0	1	0	1	5
	0	1	1	0	6
	0	1	1	1	7
	1	0	0	0	8
静止	1	0	0	1	9
左 速度↓	1	0	1	0	10
	1	0	1	1	11
	1	1	0	0	12
	1	1	0	1	13

控制水平速度和方向

将可以数出374个行时钟脉冲。它和产生不运动图形的滑动计数器每个周期出现的脉冲数相同。

只要计数器输入为374个行时钟脉冲周期，由水平滑动计数器产生的具有水平运动分量的图形在屏幕上静止不动。

我们从图5-14可知，5位较高的位，总是输入01000。IC3-A的清除输入（c）和IC2的预置输入总是固定的输入这些值，不管运动的代码是什么。

水平滑动计数器特有的性质是停止代码——在IC1的预置输入端输入的4个较低位——必须在每个水平周期结束时输入。如果每一周不是输进停止代码而是别的什么，电路将产生运动的对角线而不是垂直线。

除了停止代码之外，运动代码只是在屏幕上场回扫期间出现特殊的扫描线时输入。图5-14的IC4和IC6用于这种情况。

IC4是一个四二选一数据选择器。这个电路的工作情况非常象一个4刀双掷选择开关。当电路输入脚1是逻辑1时，3、6、10和13脚输入信号分别出现在它的输出脚4、7、9和12端。这些固定为电路的停止码——四个较低位1001，所以只要IC4的1脚是逻辑1，停止码就输进滑动计数器。

1脚在逻辑0，输出变为2、5、11、14脚的四个输入状态。因为1脚的逻辑电平由与非门IC6决定，因此仅仅当与非门的输入全部是1时，系统才呈现除了停止代码以外的代码。与非门的输入来自场消隐信号和信号源盒有选择的场计数信号。

简单说来，IC6只对场消隐1V、2V、4V、8V同时都是逻辑电平1时的那一条线作出反应。仅仅在这条特殊线时，水平滑动计数器可以计一个比停止代码长或比停止代码短的周期。

现在，假设你已经把滑动计数器的HC输入置于1000，这是使计数器多记一个附加脉冲的代码。当这一关键的扫描线出现在场消隐期间时，计数器加长计数使复位点的一个行时钟脉冲移到右边。然后系统自动地注入停止代码，产生一条不动的垂直线。它

向前一帧右边移动了一个**行时钟**间隔。由于，因为每一帧要移动一次的，所以垂直线条逐渐向右移。每帧移一个**行时钟**间隔或每秒移50个**行时钟**间隔。

除了在场消隐间隔内那条关键扫描线使滑动计数器缩短计数以外，图形向左移动完全与向右移动的方法相同。图5-14的电路图和表格将这个系统的水平运动代码归纳了一下。

安装一个图5-14的电路，自己进行实验。你可以把HC输入接地产生逻辑0，也可以把输入端用跨接线接到+5V产生逻辑1。其实这些TTL电路没有必要这样做，因为输入不做任何连接已保证是逻辑1的条件。

在这个实验中你可以用任何一个HM输出，只要把输出之一送到**游戏图象输入**端就行。IC2的MM（最大/最小）输出是图象信号一个相当好的取样点。

完整的滑动计数器运动控制板

垂直和水平滑动计数电路可以很容易地安装在一块印制电路板上，这将给实验者提供一块通用数字式运动插件板。它用于使读者更好地理解滑动计数器控制运动过程的实验。而且具有同等重要的是它也可以作为许多电视游戏电路的控制运动板。花些时间和力气研究这块电路板，对你今后的工作会有很大的好处。

图5-15的通用滑动计数器控制运动电路板是对图象的垂直和水平运动的速度和方向进行数字控制的。连到原始信号源板的输入包括**行时钟**、**行消隐**、**行复位**、**场消隐**以及场计数信号1V、2V、4V和8V。当然+5V和接地也应该包括在内。

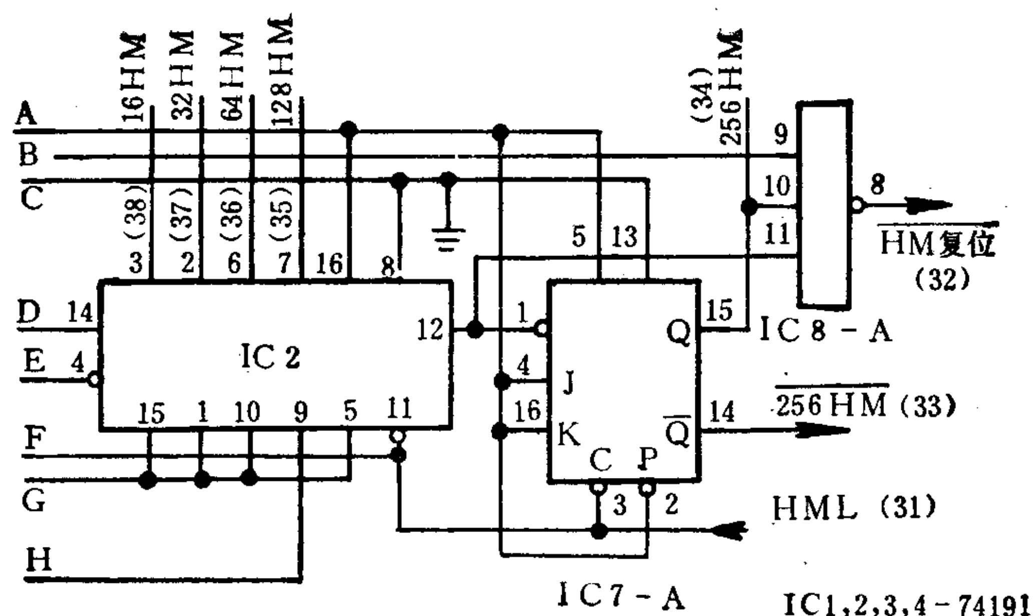
水平运动的控制输入是1HC、2HC、4HC和8HC。垂直运动则是1VC、2VC、4VC和8VC。这两组运动控制的代码分别在图5-14和图5-13给出。

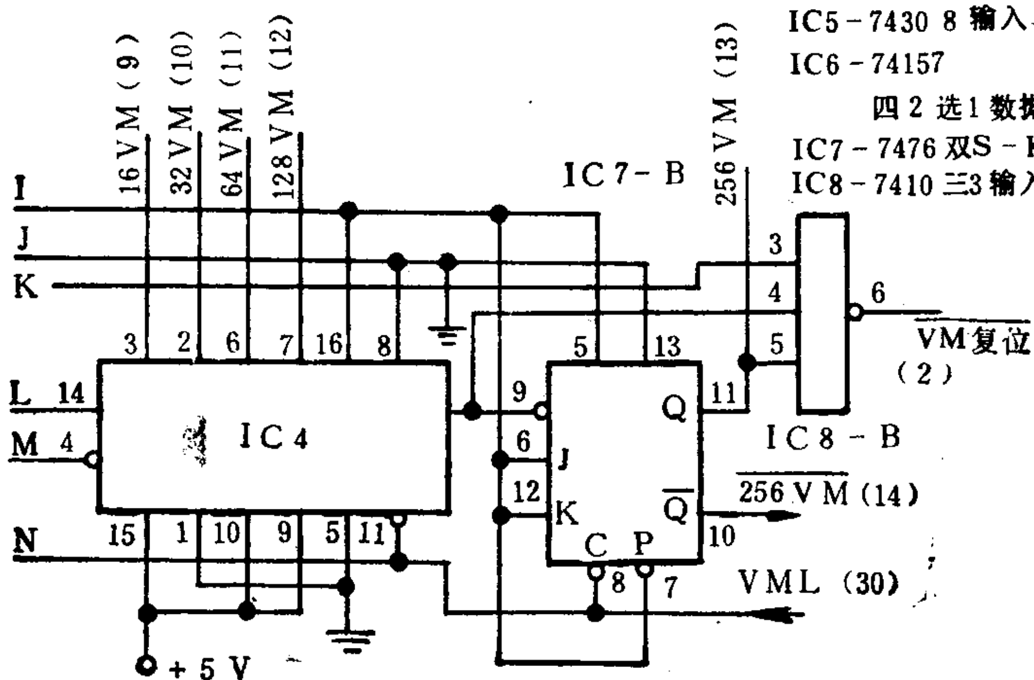
滑动计数器输出用1HM到256HM标记，用于行计数。场计

括号内数字为印制板插脚号



图5-15 滑动计数器运动





IC1,2,3,4－74191 4位计数器

IC5－7430 8输入与非门

IC6－74157 四2选1数据选择器

IC7－7476 双S－K触发器

IC8－7410 三3输入与非门

控制电路板电路图

数时用1VM到256VM标记。它们可以用来产生第三和第四章介绍的线、条矩形和复杂图形。仅仅甲HM信号替换H计数技术条件，用VM信号替换相应的V计数技术条件罢了。

电路在某种程度上，留下一些编程的东西。这一想法是给实验者使用这块板有尽可能多的灵活性。按一般的方法操作这个系统，仅仅把$\overline{HMRST}$连接到$\overline{HML}$，把$\overline{VMRT}$连接到$\overline{VML}$（留下这些“编程点”允许实验者插入其它预置可动图象位置的复位电路）。

第六章　若干实用游戏控制电路

游戏的自动进行确实是电视游戏的标志，而且游戏程序变换速度很快。例如，大多数的电视游戏机都是自起启动和自动停止的。在游戏期间还有各种游戏操作，它们有一些是用手动控制，其余用自动控制。

让我们先讨论基本的乒乓球游戏控制电路。游戏顺序通常是先按**重新启动**（RESTART）按钮开始，当游戏者达到一定的分数时，游戏自动结束。在一些游戏中，发球程序用手动控制，而在同类游戏的另外一些形式中，则用手动发球。不管哪种情况，游戏者如果失球，发球程序便自动停止。它们是游戏控制电路的一些例子。

认真学习这一章的电路，透彻理解这些电路将会使你容易理解本书后面要介绍的游戏实例的控制特性，而且使你在自己设计游戏时，感到更有趣、更容易、工作效率更高。

游戏的启动和复位控制

大多数的电视游戏是在屏幕上出现一些固有的动作开始。这样大多数游戏系统有一个关键点，在这一点，游戏系统复位并开始一种游戏的另一个周期，或开始玩另一种游戏。

启动和复位可以完全手动或完全自动，也可以将这两种方法结合起来。在任何情况下，启动和复位控制一般都是以触发器为基础来实现的。

图6-1启动和复位电路中的触发器属于R-S触发器类，更精确地说，图6-1（a）电路是一个$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器；而图6-1（b）是一个R-S触发器。这两个例子的输出是互补的，当一个输出是逻辑0时，另一个输出是逻辑1。

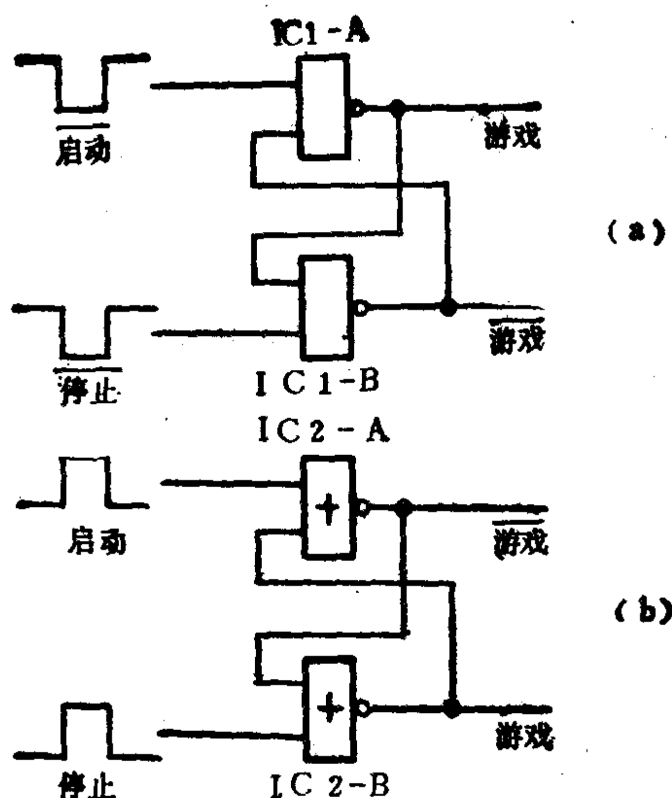


图6-1 启动和复位电路

(a) 负向脉冲触发$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器 (b) 正向脉冲触发R-S触发器

图6-1（a）的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器通过负向输入脉冲置位和复位。当$\overline{\text{启动}}$（START）输入变到逻辑0，$\overline{\text{停止}}$（$\overline{\text{STOP}}$）保持在逻辑1，**游戏**（PLAY）输出变成1，$\overline{\text{游戏}}$降成逻辑0。只要$\overline{\text{停止}}$保持逻辑1，即使$\overline{\text{启动}}$回到逻辑1，输出也保持这种情况。

输出反相只有使**停止**降为逻辑0，而$\overline{\text{启动}}$保持逻辑1时，才有可能。

图6-1（b）的R-S触发器的工作情况与上述方式完全相同，但在此电路中，输入是正向脉冲。通过在**启动**和**停止**加入正向脉冲，使输出置位和复位。例如，无论何时**启动**跳变到1，**游戏**输出便相应地变到逻辑1，同时，**游戏**变成逻辑0。只要**停止**保持在逻辑0，电路就保持在这种特殊的输出状态，而不管**启动**在1和0之间变化多少次。

你将会发现图6-1中的简单结构在本书所有全屏幕的电视游戏中都会出现一次或许多次。这两个电路真正的不同之处是它们

输入波形的极性。一个用负向脉冲，而另一个用正向脉冲。到底用哪个电路主要决定于输入脉冲的极性，它们取自操作电路。

手控启动开关电路

许多游戏都是从游戏者按**启动**按纽开始。在有一些游戏机中，在一个游戏内，每一周期的开始也是按启动按钮。图6-2手动启动开关电路告诉我们怎样把**启动**按钮和图6-1触发器电路连接在一起。

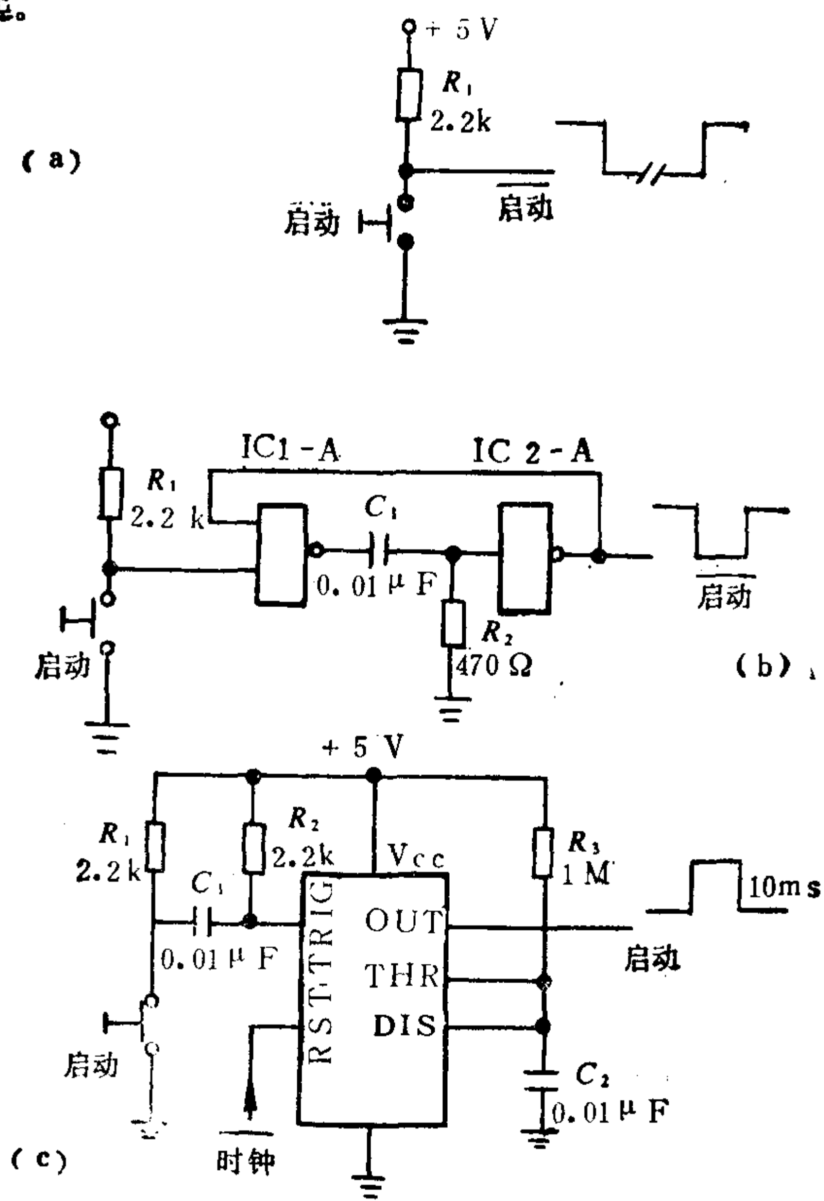


图6-2 手动启动开关电路 (a) 简单的开关电路 (b) 启动脉冲发生器 (c) 带锁定特性的正向启动脉冲发生器

图6-2（a）电路是三种电路中最简单的一种，在这个例子中，电阻R_1通常保持**启动**处于逻辑1。按下启动按钮后，**启动**变成逻辑0，在松开按钮以前一直保持这种状态。触点的任何一次接触都反映在这个电路的输出端，但被下一级触发器有效地"滤波"。

因为从图6-2（a）电路来的信号是一个负向的**启动**电平，所以此输出可以直接连接到图6-1（a）触发器**启动**输入端。

图6-2（b）的启动电路稍微复杂一点。按下此电路的**启动**按钮产生一个持续时间大约等于R_2和C_1时间常数的**启动**脉冲。在产生另一个**启动**脉冲以前，必须松开按钮。

这个电路将仍有一些触点跳动的影响，但在下面一级触发器将会消除。从这个启动电路来的负向脉冲可直接用于图6-1（a）的触发器。

图6-2(c)的启动电路用了一个555型定时器产生**启动**脉冲。如果**闭锁**（LOCK）脉冲被固定在逻辑1，每当按下**启动**按钮时，这个电路就产生一个规则的正向脉冲。电路产生另一脉冲以前，必须先松开按钮。

这个电路产生的脉冲宽度由R_3和C_2的值决定。用图中给出的数值，脉冲的时间大约在10ms数量级。

只要**闭锁**是在逻辑0，闭锁脉冲就可以将启动按钮锁住，它可以防止游戏者玩完了一个固定的周期以后，不办"手续"又继续玩下去。这是游戏机中一个巧妙的做法。

图6-2(c)的电路产生一个正向的脉冲可直接用于图6-1(b)的触发器电路。

比较图6-2三个电路的特点，图6-2（a）的电路是最简单的。它不应用在自动复位可能发生在游戏者松开**启动**按钮以前的情况下。

图6-2（b）的电路应该用在自动复位有可能产生在游戏者松开**启动**按钮以前的情况下。它没有采取任何自动锁定的措施。

图6-2（c）的电路没有其他两个电路的缺点，而且加上了选择锁定（如果不采用锁定，这个输入端应该接+5V）。

选择最适合于你设计的游戏电路时，我们要考虑复杂程度，输出极性和游戏的要求。

手动停止游戏的操作偶然也以同样的方式应用这三个电路，把**启动**和**启动**分别进行转换为**停止**和**停止**。

自动停止电路

用图6-3的电路可以自动地停止或复位各种游戏或游戏的周期。它们是两个脉冲产生电路：图6-3（b）电路的高电平有效的**停止**脉冲和图6-1（b）的触发器电路兼容，而图6-3（a）电路的低电平有效的输出与图6-1（a）的电路兼容。

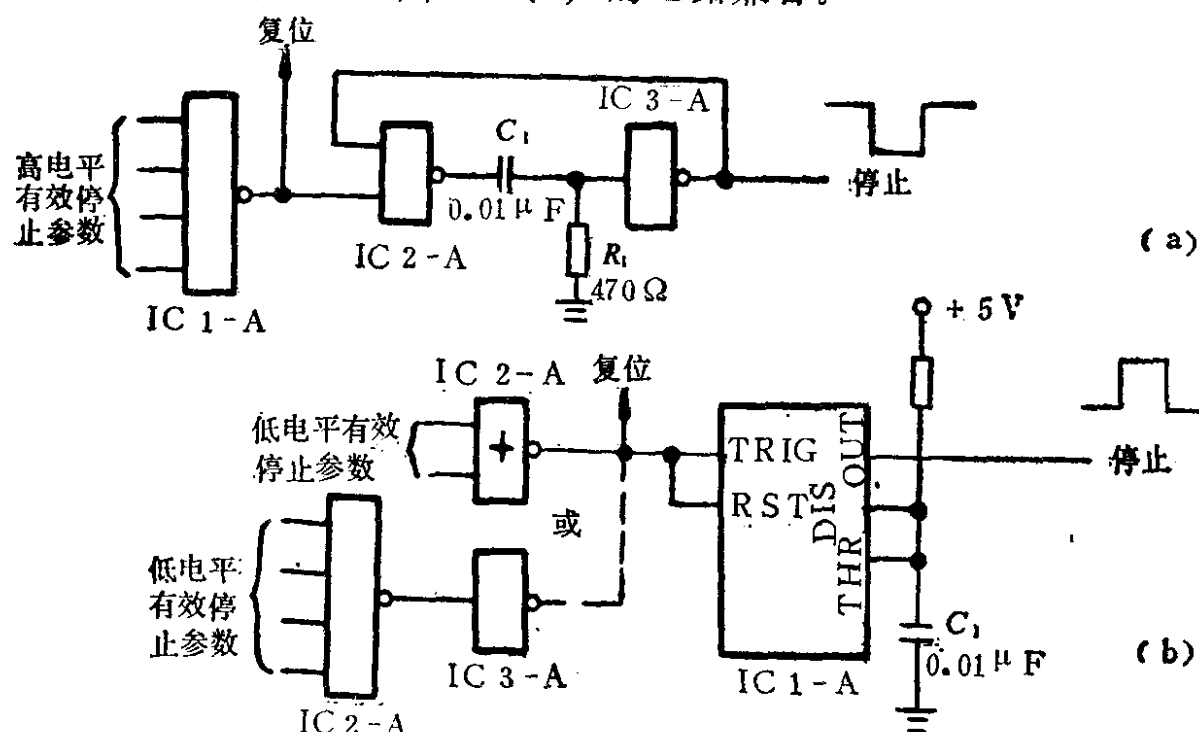


图6-3 自动停止电路 (a) 当符合一定的条件时产生负向脉冲的电路 (b) 当符合停止参数时，产生正向脉冲的电路

在这两种情况下，当给定的一组停止条件被满足时，游戏就停止工作。例如，图6-3（a）的IC1-A通常呈现的输出为逻辑1。当与非门的全部输入都是逻辑1时（大概在这时满足了所有自

动复位条件)，与非门的输出突然降到逻辑0。在这一转变中，在**停止**输出端产生一个短的低电平有效脉冲。

图6-3（a）电路输出的**停止**脉冲的持续时间由$C1$和$R1$时间常数决定，为了得到另一个脉冲，一个或几个输入参数必须回到逻辑0。然后，当所有的输入再次全部变为逻辑1时，产生另一个脉冲。

图6-3（b）产生正向脉冲电路用一个555定时器产生一个高电平有效**停止**脉冲，当定时器的**触发**(TRIG)和**复位**（RST）输入从0变到1时，输出**停止**脉冲。它的持续时间大约等于$R1$和$C1$的乘积。在大多数的场合下，图中所示的数值产生一个10ms的脉冲。

当或非门IC2-A的两个低电平有效的停止参数同时都是逻辑0时，定时器电路的输入产生0到1的转换。由与非门IC2-A和反相器组成的另一电路可以完成同样的任务，且具有同时输入两个以上参数的优点。如果你用与非门和反相器组成电路（而不用或非门)，当所有的停止参数都变成逻辑0时，**停止**脉冲开始。

当输入停止参数——在游戏中检测出的条件——被满足时，两个电路都产生一个输出脉冲。这个脉冲在游戏机脱离复位条件下重新启动后再次产生。

图6-3（a）的$\overline{\textbf{复位}}$（$\overline{\text{RESET}}$）和图6-3（b）的**复位**端并不经常使用，但是它们在几个电路中使用却很方便。这些逻辑电平仅仅表明该系统是否处在复位状态，更确切地说，系统是否做好复位的准备。

图6-3自动停止电路中的任一个都可用于自动启动。这只要把脉冲的输出端连接到图6-1合适的**启动**输入端就行了。

延时启动和停止

游戏过程中，常常希望在一个特殊的游戏响应产生瞬间和一个新的游戏或游戏周期启动时延迟一定的时间。例如，在典型的乒

乒球游戏中，游戏者失球时和下一次发球开始之间就有一段短短的延时时间。

图6-4具有选择锁定装置的延迟启动/停止电路是一个可靠的延时电路。在这个电路中，IC1-A第6脚的负向脉冲启动一个时间常数等于R_1和C_1乘积1.1倍的单稳态定时电路。当这个时间间隔结束时，一个负向脉冲通过电容C_2到达IC1-B的触发输入端。反过来IC1-B产生一个10ms的正向脉冲。

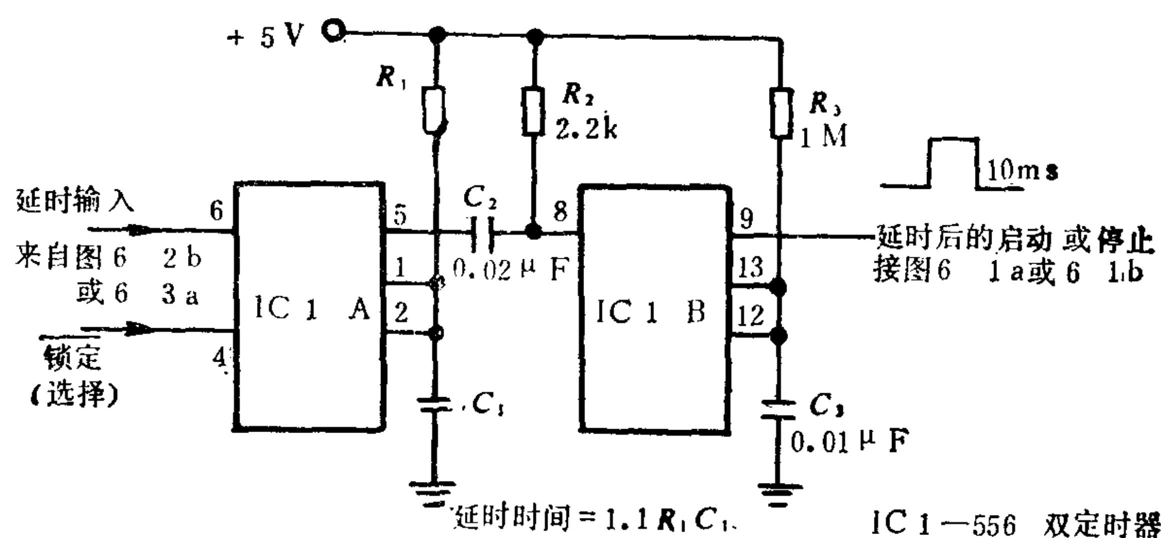


图6-4　具有选择锁定装置的延迟启动/停止电路

从IC1-B输出的正向脉冲在延时结束后产生，时间间隔由IC1-A的时间常数决定。

本章介绍的任何停止和启动电路都可以启动定时电路，IC1-A的触发输入是时间常数小于R_1和C_1乘积的负向或低电平有效的脉冲。

IC1-A的$\overline{\text{锁定}}$端C第4脚降到逻辑0，整个定时电路便被锁定。如果不用锁定的话，锁定端必须连到+5V。

设计举例

我们暂不讨论启动和停止控制的题目以前，仔细研究如何将前面介绍的电路组合在一起产生所希望的控制效果。用这里介绍

的电路就可能有许许多多的组合。如果你想再增加几个门或无源元件，你会找到几乎可以产生所需要的任何一种控制电路。

下面的讨论是想引导读者一步一步地学习控制电路设计程序。虽然它是讨论一个具体的例子，但是所用的方法可以适用于任何一种游戏控制器的设计

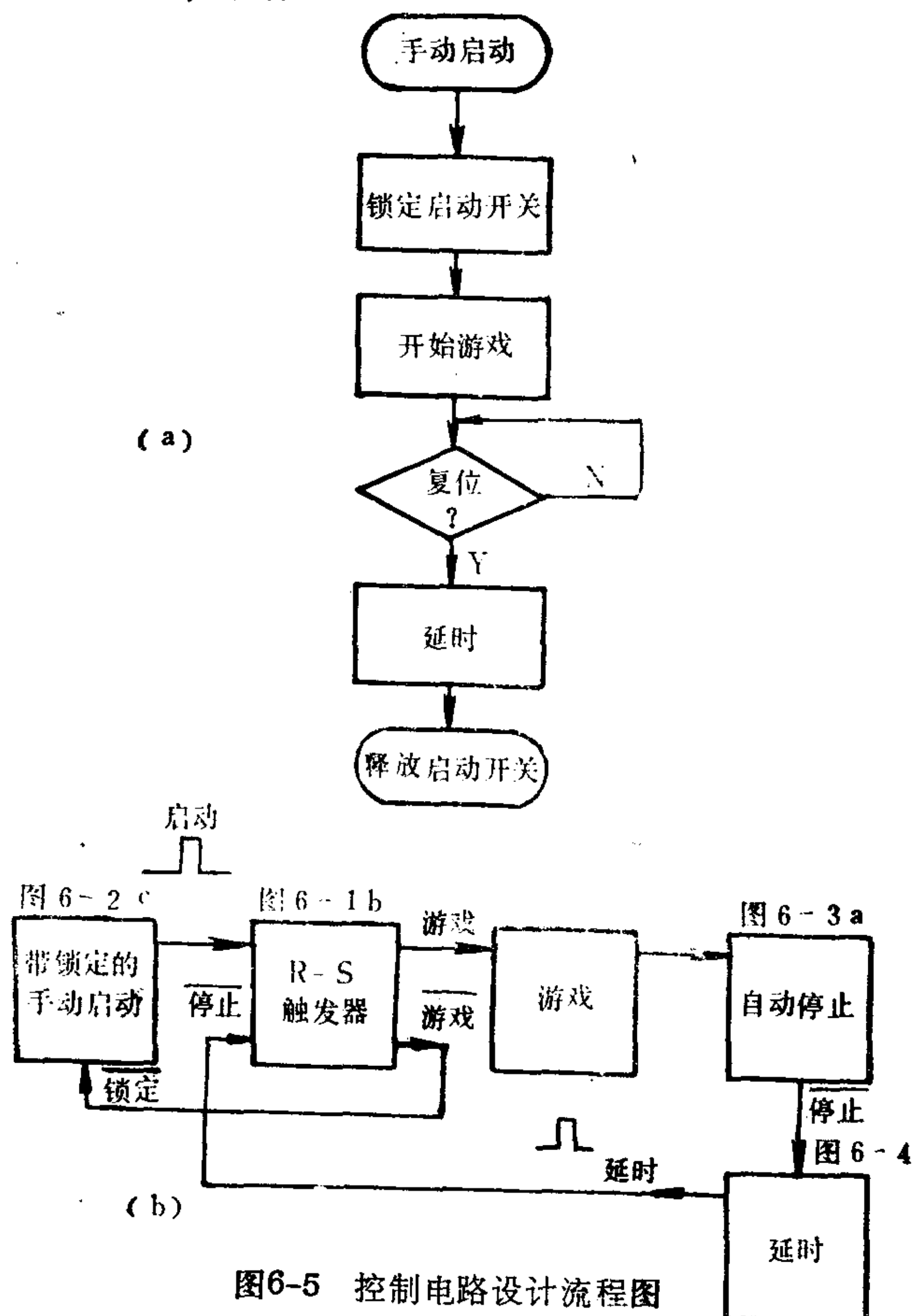


图6-5 控制电路设计流程图

(a) 手动启动，延时自动复位的典型结构 (b) 对应的方框图

第一步要精确地确定控制电路要完成什么功能。这里采

用流程图是有帮助的。图6-5的流程图说明具有下列功能的启动和停止控制电路的工作过程。

游戏者按下**启动**按钮开始游戏或一个游戏周期。按下后动按钮开始游戏或一个游戏周期。按钮按下后，它就应该被锁住，直到做完这个游戏周期。流程图表示在游戏周期开始时用手动启动，接着立即通过一个开关将它锁定。

当**启动**开关被锁定后，游戏开始，至于游戏是什么内容是无关紧要的。不管做什么游戏总会有一个时间进行复位，什么时候复位呢？例如，**启动**开关按下后，在屏幕上出现发射火箭的图形。在开关被按下时，火箭开始运动，同时开关被锁定，使游戏者暂时不能发射另一枚火箭。

现在假设火箭没有击中目标，飞到了屏幕的边沿。这种具体的情况就是**复位**的条件。当这种情况发生时，控制系统产生延时，假设延时5秒，在延时时间结束以前，不会发生什么变化，但是当延时时间一结束，流程图表明**启动**开关电路就不再被锁住，因此就有可能开始另一个游戏的周期。

设计一个好的启动和停止控制流程图可以节省许多时间和金钱。想出一个最简单流程图花去的时间是值得的，建立流程图迫使你弄清楚控制系统到底做什么。它的重要性是可想而知的。

建立了流程图以后，参考这一节第一部分介绍的控制电路，用方块图列出整个控制过程。图6-5（b）表示由流程图产生的方框图。

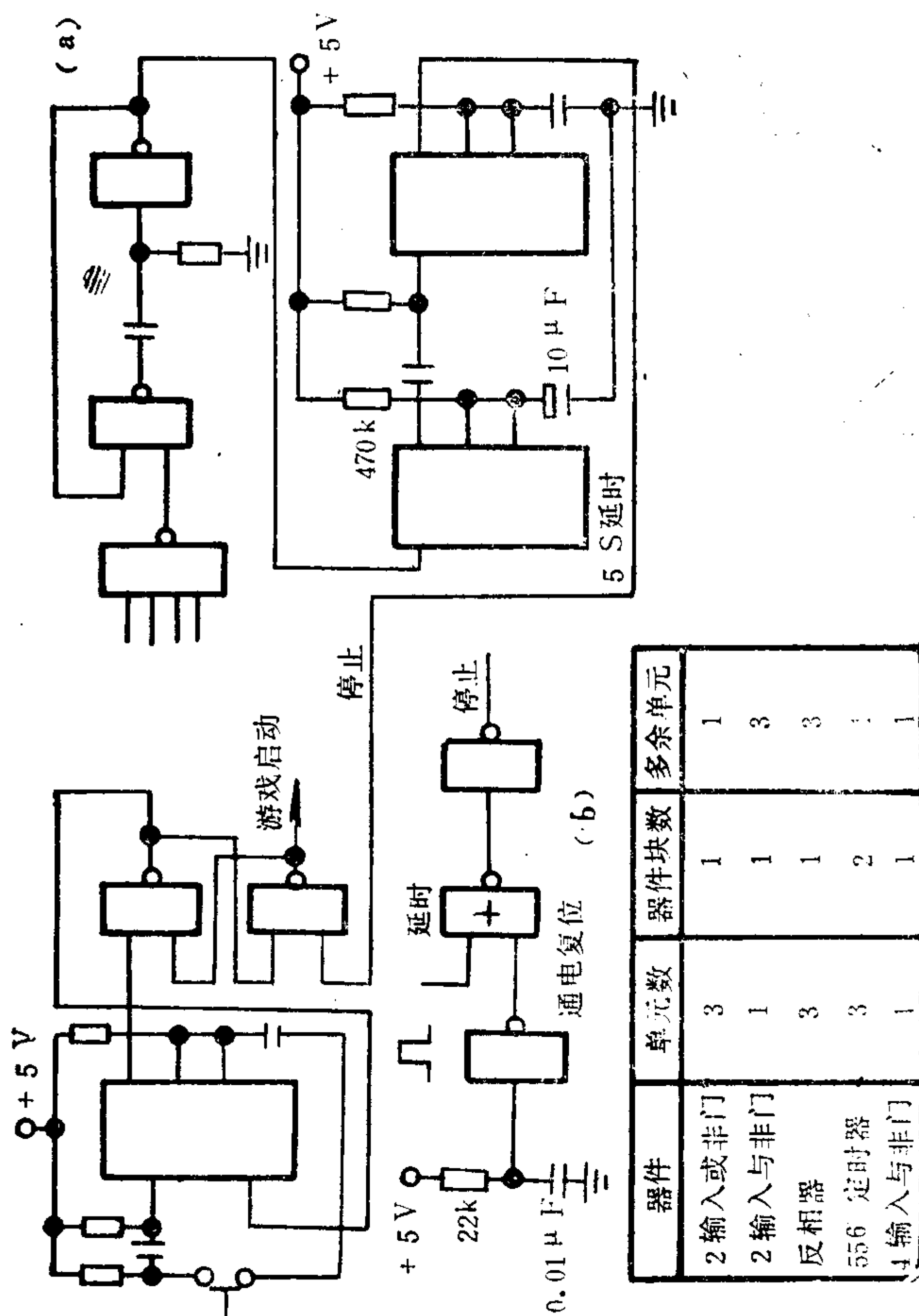
系统要求一个能被锁定的手动**启动**开关。图6-2（c）的电路相当好地实现了这一愿望。由于这个启动电路产生正向脉冲，图6-1(b)的R-S触发器十分自然地与之相适应。这个触发器的反相输出用来锁定**启动**开关。

R-S触发器级不反相的输出使游戏开始，不管游戏是什么内容。游戏的性质与进行的程序无关，但是我们假设游戏在最后产生一组要求复位控制的参数。游戏的复位参数输出能自动停止

游戏操作。图6-3（a）电路适用于这种情况。

从自动停止电路来的负向脉冲应该产生5秒的延迟时间。当延时时间结束时，从图6-4输出的正向脉冲使触发器工作。这样游戏能重新开始，**启动**开关动作使游戏者开始另一个周期。

图6-5（b）的方框图是把基本的流程图转化成不太抽象的形式。下一步是画出电路草图。



器件	单元数	器件块数	多余单元
2输入或非门	3	1	1
2输入与非门	1	1	3
反相器	3	1	3
556 定时器	3	2	1
4输入与非门	1	1	1

图6-6　图6-5（a）流程图的电路草图

图6-6所示的电路草图用确定的电路取代了图6-5(b) 的方框图。主要目的是要知道需要什么类型和要使用多少元器件。除了系统设计所特有的器件以外，其它器件不需要标明引脚号和元件的数值。在这种情况下唯一的控制参数是复位延时时间的长短。我们已经规定为5秒，因此这个电路标明了适合于延时时间的R和C的数值为470kΩ和10μF。

在画出草图的同时出现了另一个问题，这个电路应该有一个电源接通初始化电路。如果没有它，当电源加到电路后，游戏者不能马上开始游戏。换句话说触发器所处的初始状态，应能使游戏启动并锁定**启动**开关。否则就导致不能使游戏开始的可能性。当然不同种类的游戏具有不同的启动条件，它决定于游戏本身的性质。

图6-6（b）里的小电路表示一个能插在延时电路输出和R-S触发器停止输入之间的电源接通复位电路。当电源初次加在游戏电路时，0.01μF的电容使反相器的输入处于逻辑0，产生几微秒的延时。在此时间里，反相器的输出升到逻辑1，保证了或非门的输出是逻辑0。这个脉冲再一次被反相送到R-S触发器的**停止**输入端。当接通电源，系统被初始化以后，送到触发器的任何复位脉冲都仅仅来自延迟电路。

但是画出草图的最重要的理由是给设计者一个选择最佳集成电路数目的机会。图6-6（a）所示的草图中的电路一共需要6块集成电路，2输入或非门，2输入与非门，4输入与非门和反相器各一块，还有两块556双定时器。用这么多不同种类的集成电路是留有余地的。请看图6-6上的表格。

这个电路仅要求三个反相器，还剩下三个与非门。为什么不用与非门代替反相器呢？这样可以省掉一个反相器集成电路，而且可以充分发挥已有的与非门作用。

游戏电路也包含一个多余的4输入与非门。这个在自动停止输入端的门也可以在控制电路中省掉，这个工作由游戏板本身完成。于是在控制电路上又去掉了一块集成电路。

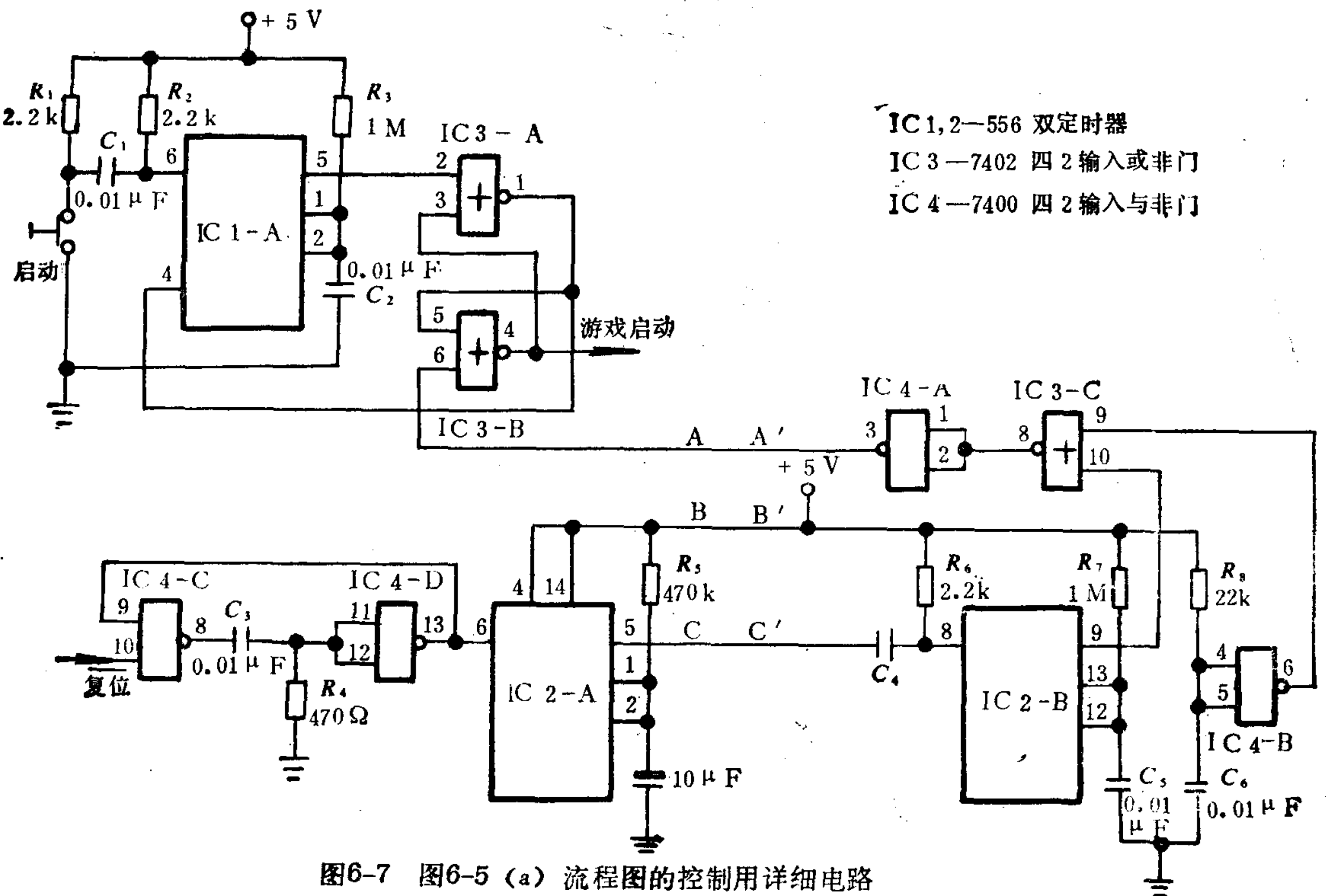


图6-7 图6-5（a）流程图的控制用详细电路

现在，电路仅需要4个集成电路块了。设计程序的最后一步是把刚才介绍的改进电路组合起来，重新绘制电路图。图6-7就是最后的电路。

学习了流程图、方框图、基本电路以后，读者在理解图6-7的控制电路上是不会有什么困难的，R_8和C_6组成电源接通初始化电路，以保证电源一接通**启动**开关就能工作。按下**启动**开关开始进行游戏。无论何时**复位**输入表明了游戏中要求系统复位的条件，即电路在IC1-A产生5秒的延迟时间。延时结束以后，IC2-B产生一个脉冲，它触发IC3-B第6脚，使游戏停止并译放**启动**开关电路。

按照这里介绍的方法，自己设想几个控制系统，这个主意是很好的。把这个程序考虑得细致一些，对整个游戏系统很有必要。要彻底弄明白这个程序并记在脑海里，这是你以后设计游戏控制电路的强有力的工具。

图形接触检测电路

大多数游戏机都设计成这样：当屏幕上两个或几个图形中有两个相互接触时，它们就自动进行一系列的操作。假设你正在做自动赛车游戏，游戏是以你对手的赛车快速地穿越屏幕开始。你的任务就是加速自己的赛车，使它赶上去，并在拥挤的跑道上不与其它车辆相撞。如果前面进行得顺利，而当你的赛车开始比其它赛车快时，就会遇到一点麻烦，不小心车子打滑或碰上了其它的赛车，这时产生爆炸，游戏复位，又开始另一次游戏。

这个具体例子的关键操作之一是检测赛车之间的相碰。检测以后的情况决定于你设计的控制电路。现在重要的事情是提供一种检测屏幕上图形接触的方法。

用第三章和第四章已经介绍的电路分别产生屏幕上的图形。图象信号相或产生复合电视信号。接触检测必须在最后一级或电

路的前面进行，它基本上是一次与逻辑操作。

图6-8（a）的电路告诉我们当图形发生器输出电平低有效(白底黑图)信号时，怎样将检测接触与逻辑操作加入，在这种情况下，在或非门输出一个逻辑1接触信号以前，两个输入必须为逻辑0。这是一个低电平有效或叫负逻辑与运算。当A和B的图象没有相互接触时，接触（CON）输出为逻辑0。而当A和B相互接触时，接触输出开始以系统行扫描的速率（大约15625Hz）产生正向脉冲。

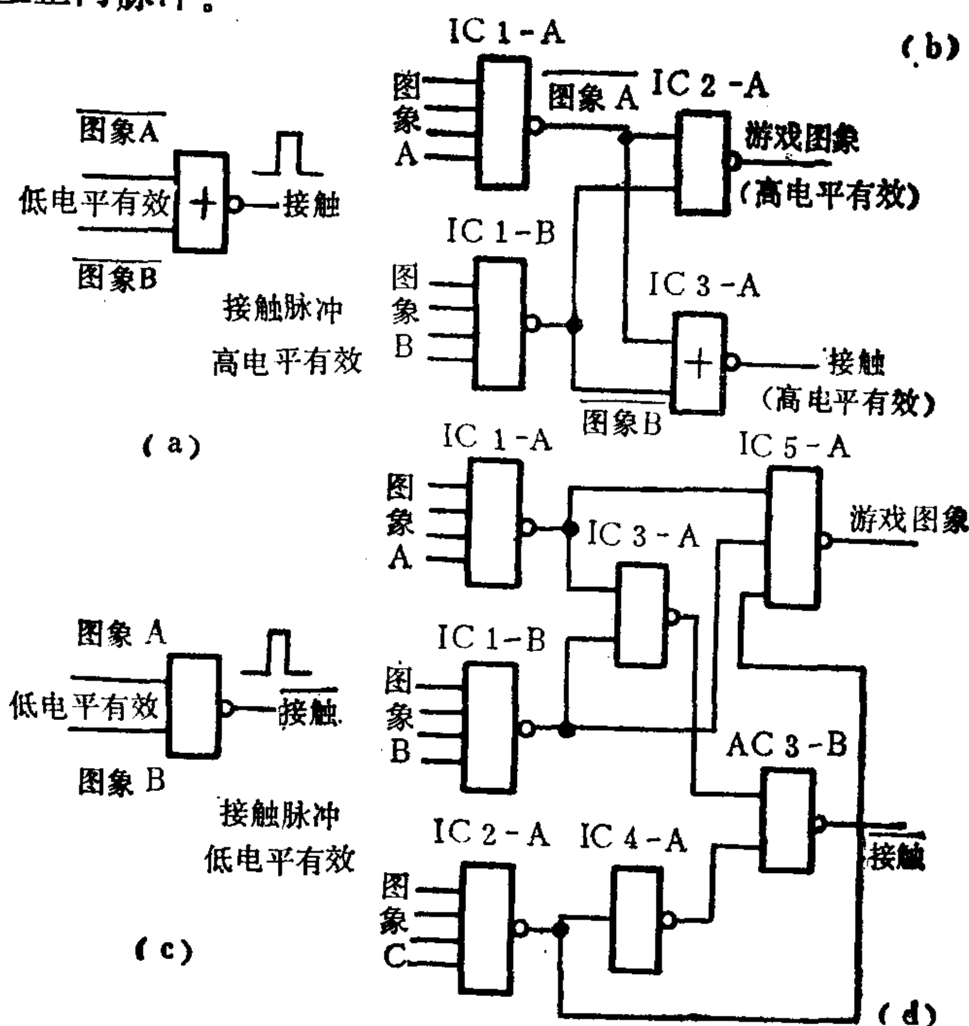


图6-8 若干接触检验电路（a）来自低电平有效的图象信号的正脉冲（b）显示图象信号和检测屏幕上两个图形之间的接触（c）来自高电平有效图象信号的负向接触脉冲（d）显示三个图形和检测A和C或B和C之间接触的电路

图6-8（b）的电路告诉我们，检测接触电路是怎样实现的，

将分别加在IC_1-A和IC_1-B输入端的行计数和场计 数信号进行适当的组合，产生A和B图象。这两个与非门的输出呈现 反相的A和B图象，白底黑图。这些图象再用与非门 IC_2-A 或在一起(记住加在与非门的反相信号产生或的效果)。这样**游戏图象输出**就包含了屏幕上A和B两个图象的视频信号。

IC_3-A的输入是直接从两个产生图象的与非门取出。IC_3-A是已经在图6-8（a）中介绍的接触检测电路。当A和B在屏幕相互接触时，它们的视频信号就使得**接触**输出为正向的高电平有效脉冲。这些脉冲不会在其它时候出现。

简单地说，图6-8（b）的电路产生两个不同的图象视频信号，然后将它们组合成一个复合游戏图象信号并检测出这两个图象是否有接触。

图6-8（c）的电路完成图6-8（a）同样的功能。但在后一个例子中，两个图象具有高电平有效（黑底白图）的形式。当两个图象的视频信号同时升到逻辑1时，$\overline{\text{接触}}$产生负向（低电平有效）的接触脉冲，其中速率为行扫描频率。

你用图6-8(a)的电路，还是用图6-8(c)的电路来检测两个图形之间的接触，取决于图象信息是低电平有效还是高电平有效。

图6-8（d）的电路是另一种检测接触电路的例子，在这个例子里，用图6-8（c）的与非门检测电路更为有效。其想法是检测A和C图象或B和C图象之间的接触，显然A和B图象之间的任何接触与游戏无关。

A、B、C图象的视频信号实际在3输入与非门IC_5-A或在一起。这个门的输出是一个高电平有效的复合游戏信号。

A和B图象信号在IC_3-A或在一起，产生一个加在检测接触电路IC_3-B的一个输入端的高电平有效信号。这个检测接触门的另一个输入是C图象的高电平有效信号。这样，如果A图象或B图象(或两个图象)与图象C接触，IC_3-B的输出产生负向脉冲，当A和B图象都不与图象C接触时，$\overline{\text{接触}}$输出呈现在逻辑1状态。

图 6-8（a）同图 6-8（c）电路是通用的检测接触电路。图 6-8(b）和图6-8（a）仅仅说明接触检测电路插在游戏电路的位置，恰巧，也说明它们两个的具体应用。

在结束讨论检测接触的题目以前，为什么不设计一个包括检测接触和自动控制两部分的电路。图6-9（a）的流程图表示游戏电路的一部分，两个图象相接触就会使其中一个图象在屏幕上消隐。它也可能是打靶游戏的一部分，游戏者对着移动目标发射火箭。如果火箭击中目标，目标就从屏幕上消失直到游戏复位。

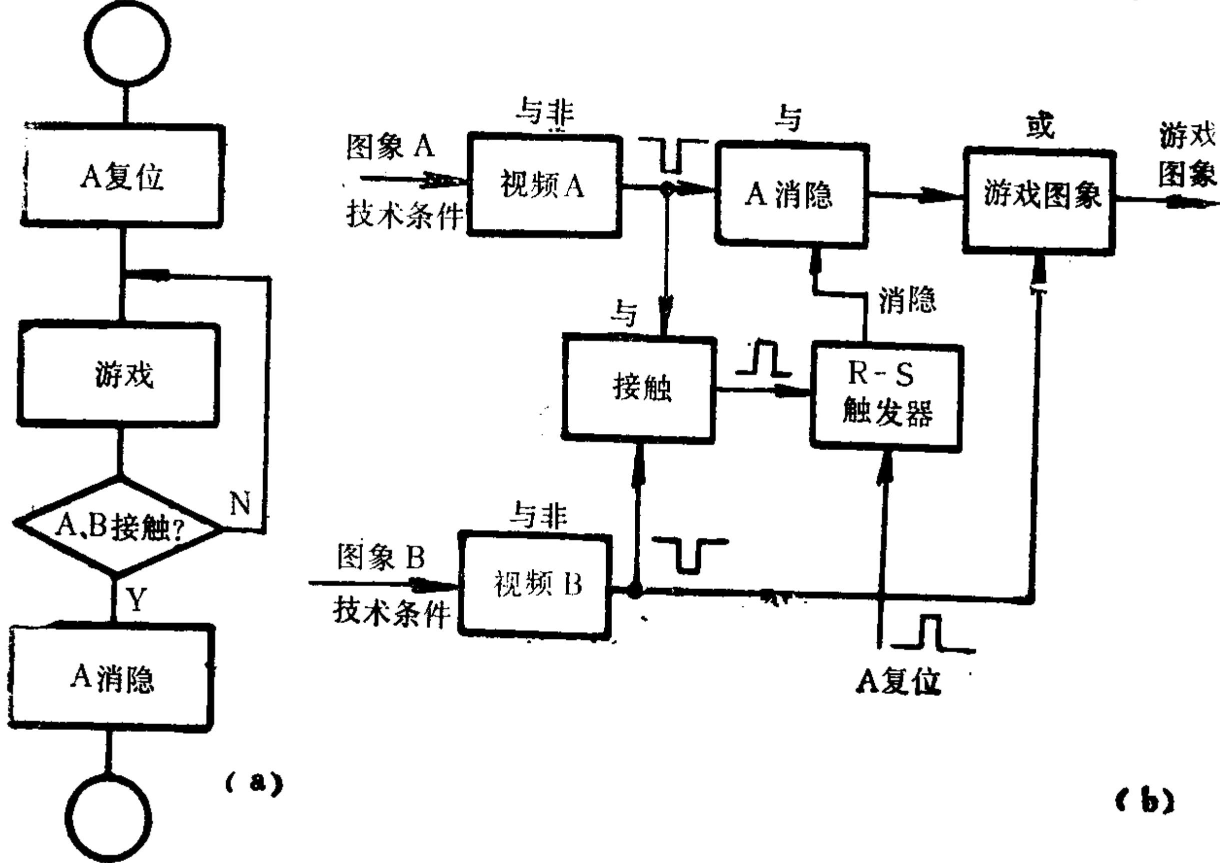
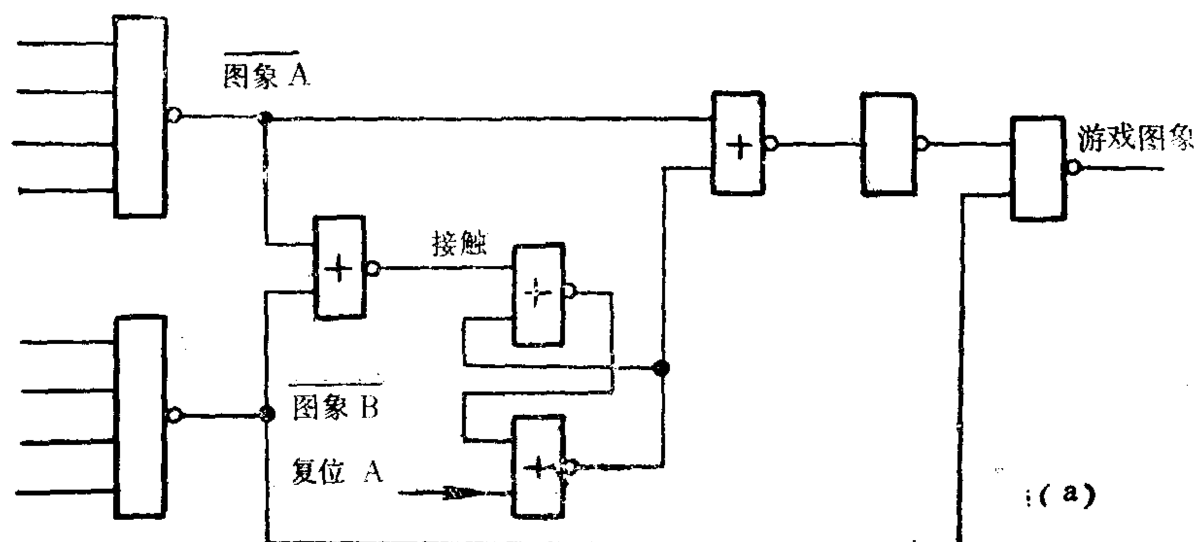
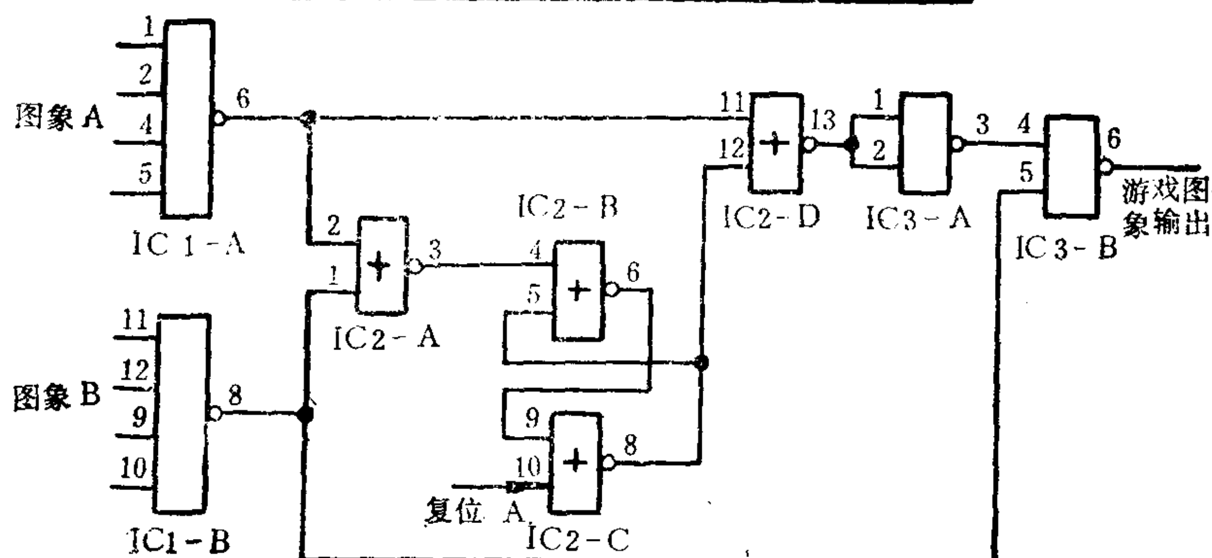


图6-9 接触检测设计实例 (a) 检测图象A和图象B之间的接触情况，然后使A消隐的流程图 (b) 方框图

根据流程图，复位后目标（图象A）又出现在屏幕上。接着游戏又继续进行，直到B图象击中目标。当两个图象相接触时，A图象从屏幕上消隐。在流程图上面和下面的圆圈表示这些操作仅仅是比较大的游戏机或控制电路的一部分。

器件	单元数	器件数	多余单元
4输入与非门	2	1	0
2输入与非门	1	1	3
2输入或非门	4	1	0
反相器	1	1	5





IC1—7420 双4输入与非门
IC2—7402 四2输入或非门
IC3—7400 四2输入与非门

(b)

图6-10 与图6-9检测接触系统对应的电路图
(a) 草图 (b) 详图

流程图转换为图6-9（b）的方框图。图象A的信号和图象B的信号组合，产生一个复合视频信号以前，图象A的信号必须通过一个门。只要这个门是打开的，两个图象就能出现在屏幕上。关闭这个门，图象A就从屏幕上消失。但仍保留图象B。

图象的消隐由R-S触发器电路控制。在这个例子中，R-S触发器就是前面图6-1（b）所示的电路，它受检测触发电路和复位电路的正向脉冲输入控制。

当游戏电路复位时，触发器的状态使A消隐门打开，允许A图象信号在屏幕上出现。而从接触检测器来的第一个接触检测脉冲使触发器处于使图象A消隐的状态。

完成了流程图和方框图以后，下一步是画出电路草图。图6-10（a）的电路图提供了它所需要的逻辑门的数目及类型，如图6-10（a）所示，看看你是否能把图6-10（a）的门电路和在方框图中所起的作用相互联系起来。

图6-10（b）是最后定下来的电路图，它告诉我们如何用三块集成电路完成全部工作。

图形运动初始化控制

各种游戏经常是以某些图形在屏幕上的特定位置开始的。每当出现某个临界情况，图形都必须处于初始位置。在乒乓球游戏中，发球时，球置于初始位置，接着进行发球。如果游戏失误，球穿过屏幕到达另一边消失了，那么从屏幕的另一边再将球发出去。当球达到屏幕的对面边界时，游戏就出现临界情况。当这种情况一发生，球首先消隐，接着处于起始位置（处于一个特定的发球位置）。

虽然一些手动控制的图象也进行初始化操作，但是初始化工作几乎总是与屏幕上自动运动的图形连系在一起的。

图6-11表示基本的初始化电路。它经常与场和行滑动计数器

一起运用，它的想法是为计数操作选择两个不同的复位脉冲的一个。在这种情况下，两个复位脉冲为**滑动计数器复位**脉冲和**初始化复位**脉冲。滑动计数器复位脉冲来自滑动计数器本身。这些脉冲常用来使计数器复位以获得所需要的运动速度和方向。当**初始化控制**输入是逻辑1时，这些脉冲便直接加到滑动计数器的置入端。

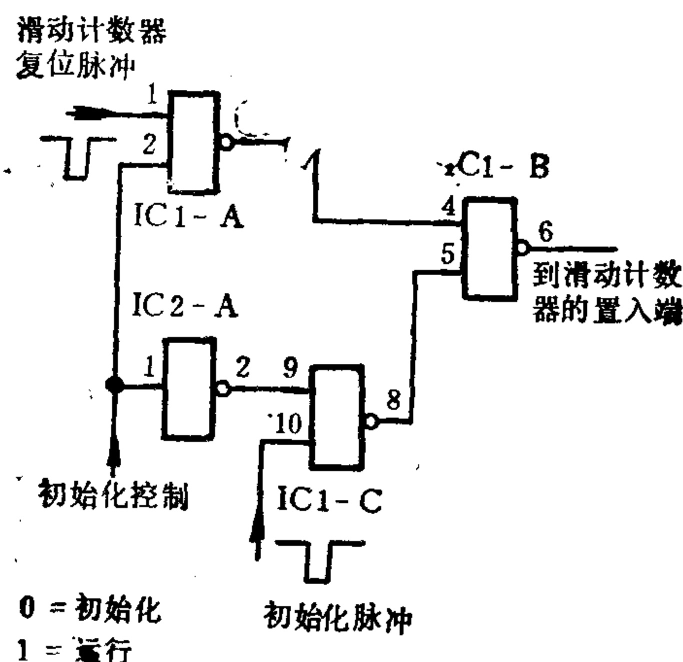


图6-11 滑动计数器产生的图形位置初始化电路

当初始化控制输入是逻辑1时，IC1-A导通，因此，滑动计数器复位脉冲的反相形式呈现在IC1-A的输出端。而此时，就IC1-C的9脚输入来说，初始化控制为逻辑1，IC2-A将它转换为逻辑0。这样IC1-C有效地关闭，防止任何初始化复位脉冲到达IC1-B。将初始化控制输入置于逻辑1，阻止任何的初始化复位脉冲进入，但是允许负向的滑动计数器复位脉冲出现在IC1-B的输出端。这些脉冲将送到滑动计数器电路的置入线上，使计数器工作在正常的运动产生状态。

初始化控制输入为逻辑0时，将完全改变这种情况。这时，IC1-A被它的第2脚输入端的逻辑0电平关闭。但是IC1-C被第9脚输入的逻辑1电平打开。这样初化复位的反相脉冲出现在IC1-B的输出端。

简单地说，图6-11的电路是一个简单的数字选择电路。它选择其中两种复位脉冲源的一种，由初始化控制输入端的逻辑电平决定。

注意这个选择电路是怎样加在图 6-12的垂直滑动计数器上的。只要**初始化控制**（INTC）输入是逻辑1，IC3-B就开通，IC3-A来的正常复位脉冲呈现在IC3-C的输出端和计数器的置

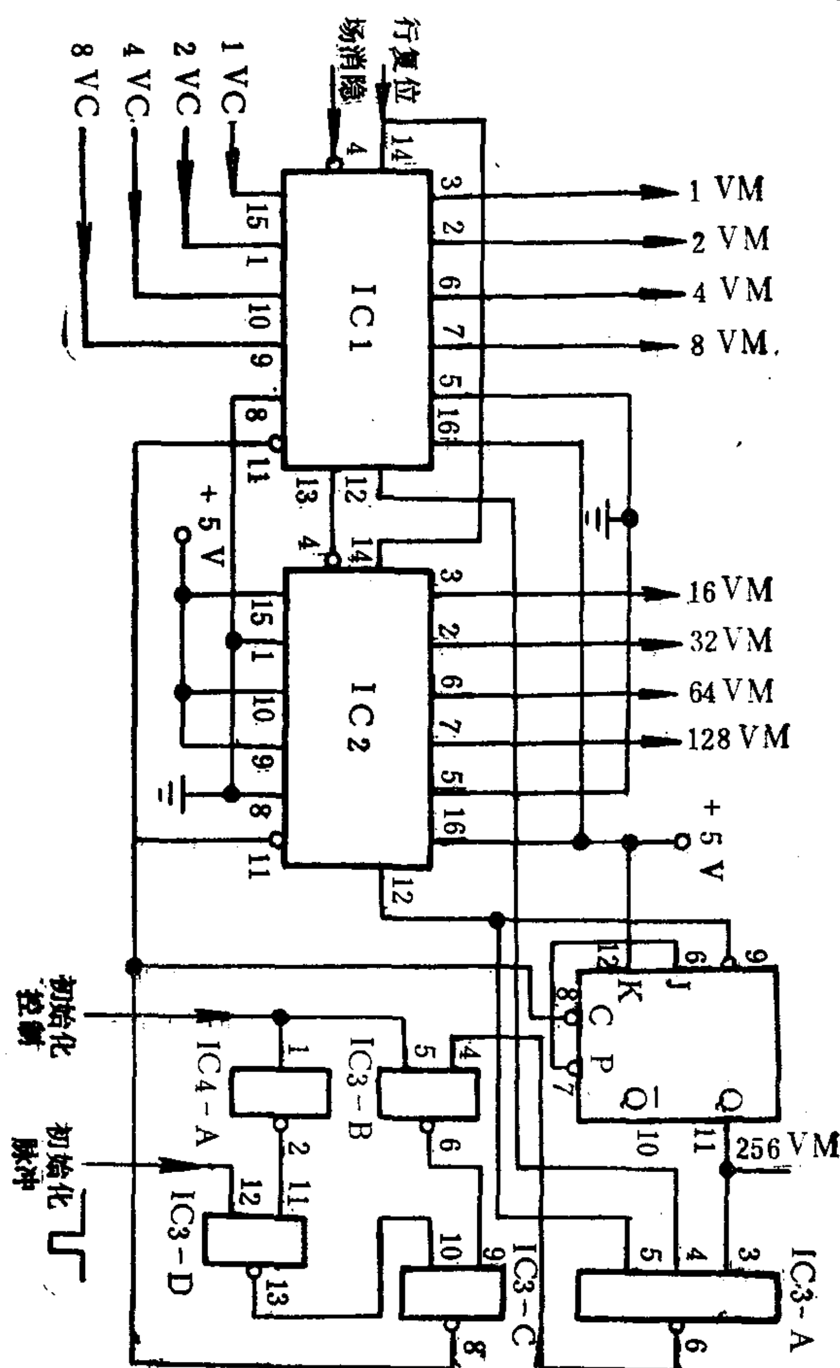


图6-12 垂直滑动计数器与初始化控制电路的连接

入端。只要INTC＝1，电路工作在正常的滑动计数状态。

初始化控制变为逻辑0，IC3-A关闭，并将另外一组复位脉冲送到计数器的置入端。在**初始化脉冲**输入端的复位脉冲，一般来自信号源盒，它们总是出现在屏幕上一些特定的垂直位置上。当这些脉冲加在滑动计数器时，计数器将在屏幕的一些特定点上复位。

只要滑动计数器被**初始化脉冲**复位，滑动计数器就不会产生运动的效果，即使VC输入在两个方向中的任一方向，都置于快速运动。只有当**初始化控制**置于逻辑1时，运动才会开始，因此，允许计数器以通常的方式由IC3-A输出复位。

让我们自己动手装一个图6-12的电路进行实验吧。将信号源盒的**场复位**（VRST），通过一个反相器连到**初始化脉冲**。当图象恢复到初始位置（**初始化控制**置逻辑0）。计数器将在**场复位**总是出现的屏幕底部复位。

根据所要求的方向和速度确定VC输入（请看图5-13的数据）把VM128送到**游戏图象输入**并用一根跨接线将**初始化控制**接地。

只要**初始化控制**接地（固定在逻辑0）在屏幕上的宽白条就应该在屏幕的底部不动。当去掉**初始化控制**的接地线并把它接到＋5V（逻辑1），白条就向一个方向运动，其速度由VC的输入决定。

你可以将**初始化控制**再次接地，使白条停止运动并回到屏幕的底部。**初始化控制**接到逻辑0，使白条图形回到原位。在这一具体情况下，它回到屏幕的底部。

实际上你可选择不同的**初始化脉冲**源，使白条回到屏幕的任意位置。例如，读者可用$\overline{128V}$，64V，32V和16V经与非门输出进行实验。将与非门的输出送到**初始化脉冲**的连接端取代**场复位**，你会发现，无论何时**初始化控制**为逻辑0时，宽白条都会回到初始位置，大约在屏幕中心上面。

初始化控制可用于水平滑动计数器，它与垂直滑动计数器的

运用情况完全相同。请看图6-13（a），用图5-14的电路作水平滑动计数器的模型，只要将IC5-A的输出（正常的复位信号门）和到集成电路IC1，IC2的11脚及IC3-A 3脚的置入母线之间的连线断掉就行。

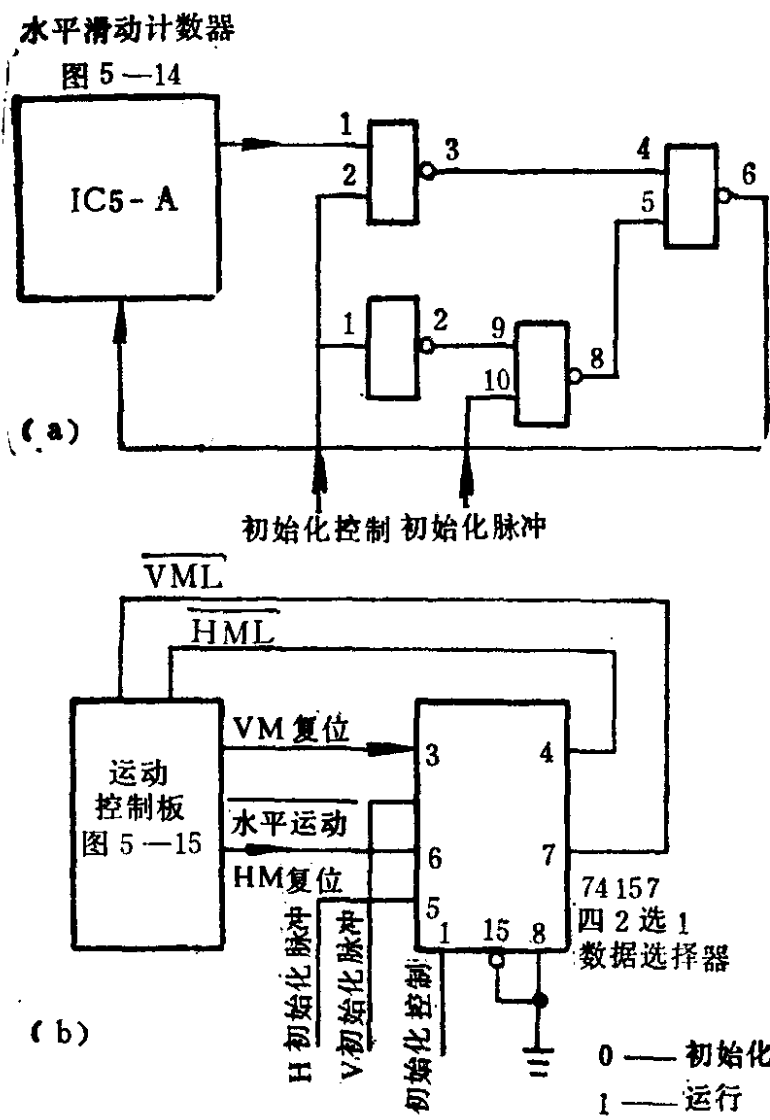


图6-13 初始化控制 (a) 水平滑动计数器与恢复初始位置控制电路 (b) 采用2选1数据选择器，将完整的运动控制电路与水平及垂直初始化控制电路相连接

只要**初始化控制**INTC是逻辑0，图6-13(a)的**初始化脉冲**可使水平滑动计数器产生的任何图象回到初始位置。**初始化脉冲**变到逻辑1使计数器的复位操作移到IC5-A的输出，因此，产生由

滑动计数器VC输入所确定的运动。

许多电视游戏要求既有水平方向又有垂直方向的运动。图5-15运动控制板就是一个适合于这种情况的电路。如果电路具有初始化的作用，对初始化控制信号分别对应水平和垂直运动，可以加在复位线上。

应用已介绍的初始化控制电路需要三个2输入与非门和一个反相器，这就意味着要使图象在水平和垂直方向上回到原位，一共需要用六个与非门和一个反相器，用一个74157四2选1数据选择器取代初始化控制的与非门电路，可以减少集成片数目。请看图6-13（b）。

图6-13（b）的电路用一块集成电路同时控制在水平和垂直方向运动图象的初始化过程。只要图6-13（b）的**初始化控制**置于逻辑0，多路选择器就给在运动控制板上的水平和垂直滑动计数器选择H**初始化脉冲**（HINTP）和V**初始化脉冲**（VINTP）。这种情况下，由这两个滑动计数器产生的图象在原来的位置上静止不动，不管VC和HC输入是什么状态。

另一方向，置图6-13（b）的**初始化控制**为逻辑1，让数据选择器给运动控制板上的$\overline{HML}$和$\overline{VML}$送HM**复位**（$\overline{HMRST}$）和VM**复位**（$\overline{VMRST}$）脉冲。这样，图象就在一个方向运动，其速度由HC和VC输入决定。

认真的读者可能会发现用图6-13（b）的初始化控制电路进行实验，并将它装在图5-15的运动控制板上是非常有启发的。当控制电路使它们初始化时，滑动计数器的VM和HM输出产生所希望的图象。最方便的初始化脉冲源是来自信号源板的**行复位**和**场复位**的反相脉冲。我们只要把**行复位**的反相形式加到图6-13(b)的H**初始化脉冲**输入，把来自信号源板的反相V位脉冲送给V**初始化脉冲输入**。当然，正在组装时，我们应该把**初始化控制**端接地，使图形回到初始位置，并稳定地保持着。

在你获得一个满意的图形以后，就应向图5-15的VC和HC

输入端给一些运动控制指令，并去掉初始化控制（恢复控制）的接地线。图象根据运动控制输入的信号在屏幕上运动。

当图象到达屏幕的边沿时，图象会很好地折回。例如，如果图象向右边移动，它的前部将开始出现在屏幕的左边沿，而图象尾部仍旧向右边沿移动。

许多游戏需要这种效果，但是有很多情形是需要把图形隐藏起来。在行和场消隐期间，滑动计数器停止工作，图象不可能隐藏在这些地方。一定要有一种方法可以在需要时把图形隐藏起来。尤其是图象停留在初始位置上的时候。

图6-14是一个简单的控制电路，它能使一个可移动的图形在初始位置消隐。这是一个由IC_1-A和IC_1-C组成的触发器电路。当负向的复位脉冲出现时，触发器处于这种状态IC_1-A的输出为逻辑0，IC_1-C的输出为逻辑1。在这种复位条件下，滑动计数能反应初始化复位脉冲到达初始化脉冲输入端。其目的是使图形停留在它的初始位置上。但是，在同一时刻IC_1-A的逻辑0电平封锁了图形产生逻辑门IC_2-B，已初始化的图象就不可能出现在屏幕上。

把一个负向的脉冲加到IC_1-A以改变它的工况，从而允许滑动计数器工作在由它的控制输入（未画在图14中）决定的频率上，并且呈现来自IC_2-B的图象信号。

滑动计数器产生的图象从屏幕上消失的那一时刻，被置于初始位置。图象保持不可见的形式直到另一个周期开始，那时我们可以看到它在屏幕上运动。

学习了上述内容以后，聪明的读者现在可能会看到图6-14电路的一些重要用途。它会使你想起最流行的电视游戏机中的发射导弹游戏。

也许现在是吸取电视游戏设计之精华，去其不适宜部分的时候了。下面一节介绍发射导弹游戏，它把这一章所叙述的控制性质结合在一起。你会发现游戏的动作相当好，只是控制的范围受

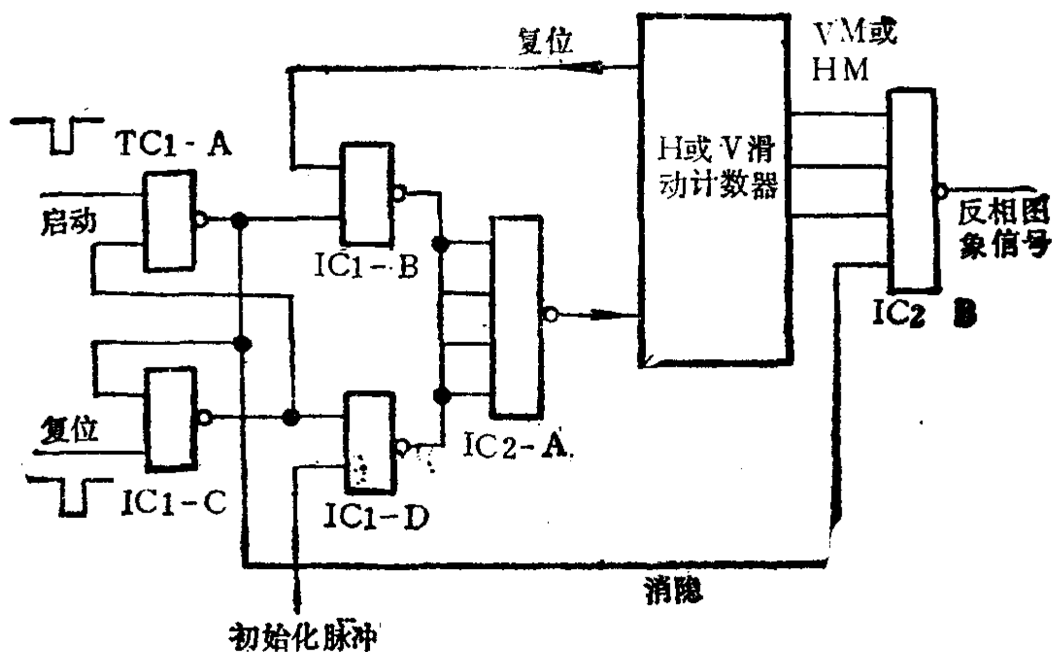


图6-14 具有启动／停止，图形位置初始化和图形消隐的完整的运动控制电路

到限制。介绍这个基本的导弹攻击游戏以后，我们将进一步讨论更精巧的初始化控制。这将会使基本的导弹游戏更加有趣。

一个基本的导弹攻击游戏

这里介绍的导弹攻击游戏，用了两个能运动的图形，它们假定为图象A和图象B。图象B是以固定的速度和高度（高度和速度将在以后进行编程）横穿屏幕的攻击导弹。图象A是由游戏者垂直发射的反弹道导弹。游戏的目的是用反弹道导弹击中攻击导弹。

图6-15（a）是基本导弹攻击控制的一个流程图。当游戏者发射反弹道导弹图象A时，游戏开始。估计在这个时候，攻击导弹出现在屏幕的左边。

如果A＝B（两个图象接触）攻击导弹就在屏幕上隐去

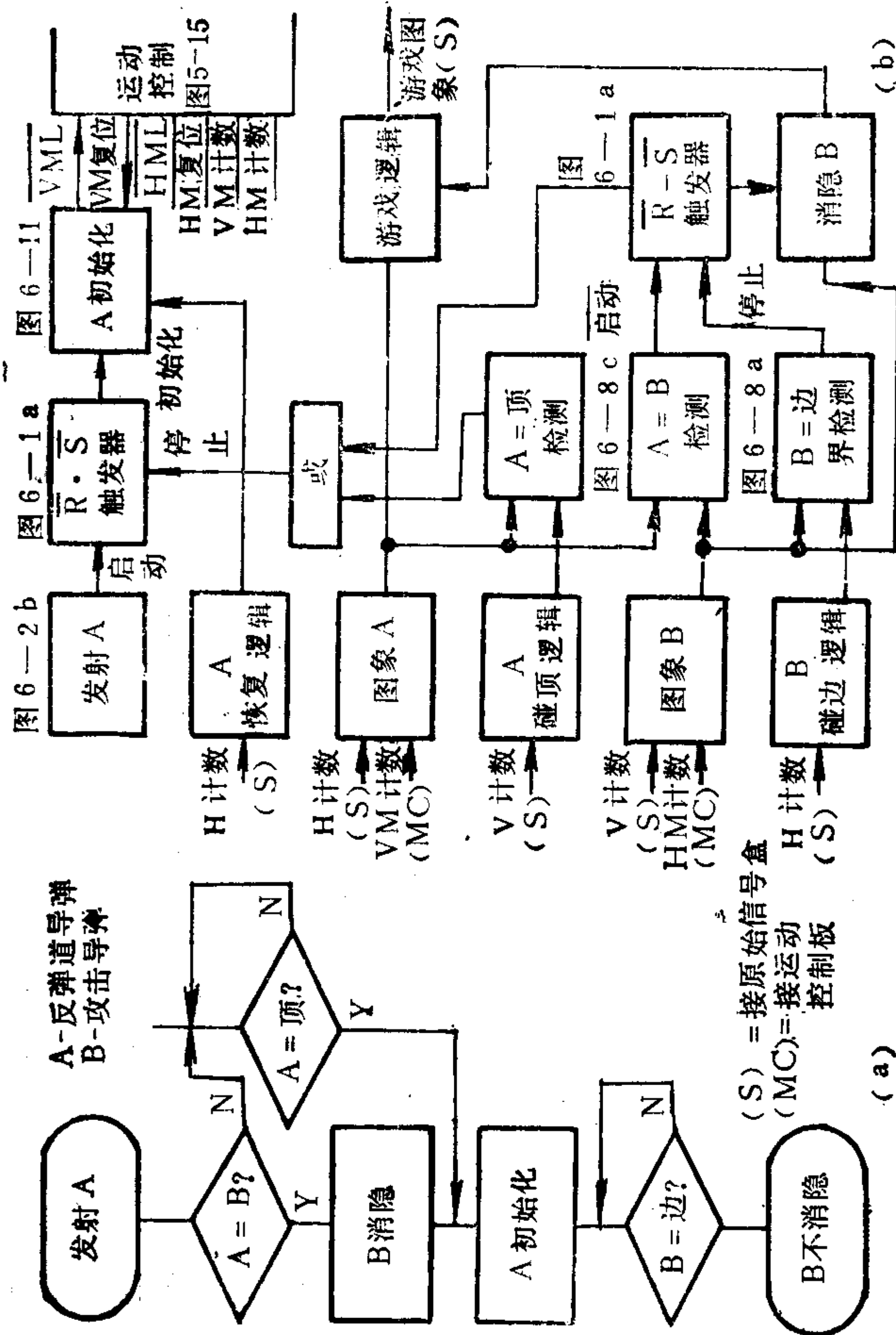


图6-15　一个基本的导弹攻击游戏
(a)流程图　(b)功能方框图

(**B消隐**).反弹道导弹复位,回到屏幕下面中心附近的初始位置。

不管B是否被击中，它都继续水平运动穿过屏幕。如果B被击中，它就隐去（不可见）。但是在任何情况下，图象B仍继续运动一直到它到达屏幕的右边为止（**B=边界**）。图象B一到达

屏幕的边界，它就不再消隐，可以看得见了。因为从左到右运动是连续的，图象B立即出现在屏幕左边的攻击 位置上。

这就是游戏者发射反弹道导弹击中攻击导弹的情况。但是，如果游戏者没有击中目标会发生什么情况呢？

如果游戏者没有击中攻击导弹，图象A继续向上运动直到它到达屏幕的顶部（A＝**顶部**）。这时，导弹回到原来的初始位置（A**初始化**）并准备下一次发射。如果游戏者没有击中目标，攻击导弹在向屏幕右边边沿运动时，仍然看得见。

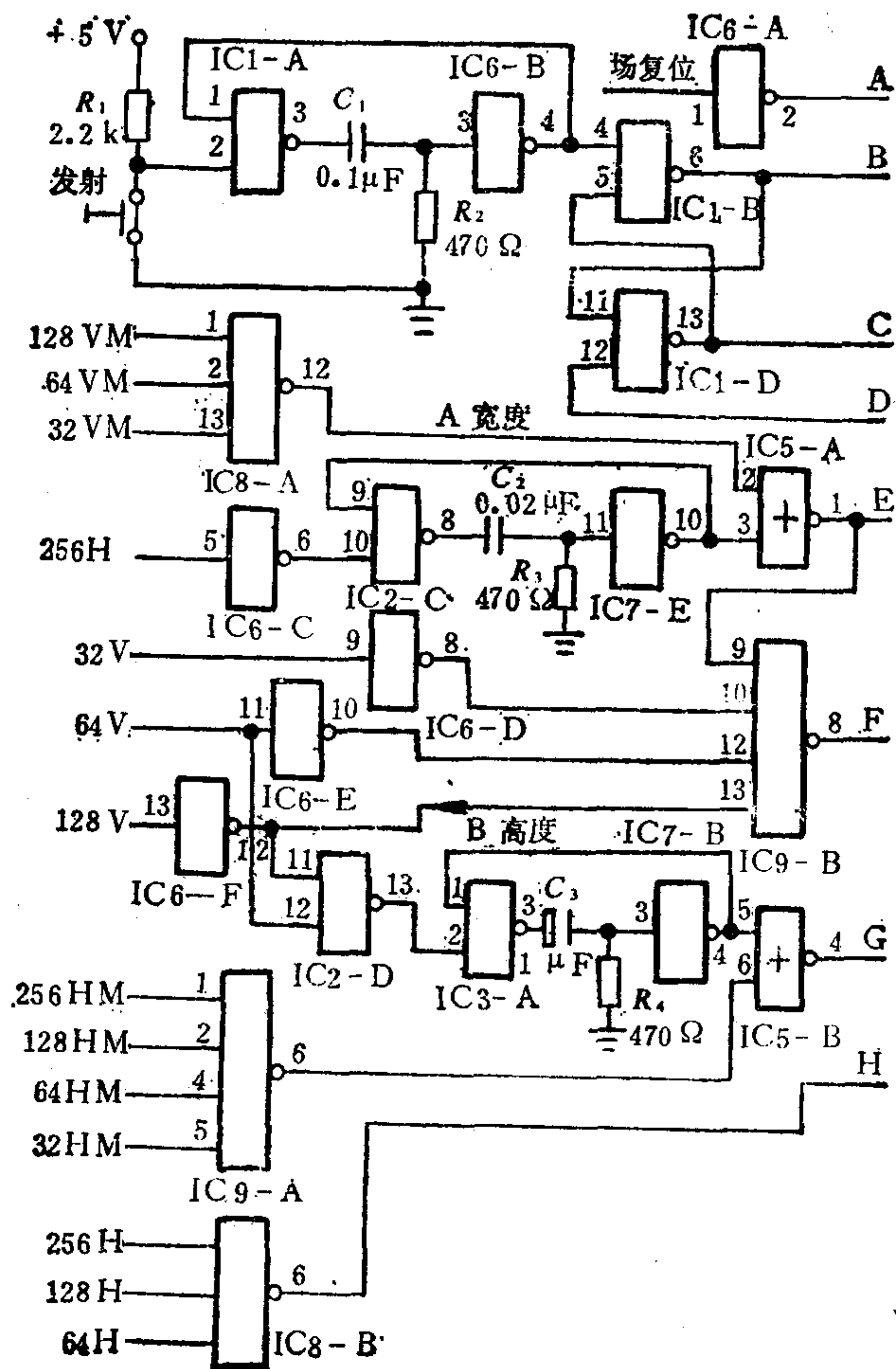
由于攻击导弹总是以固定的高度和速度飞行，每次都击中目标是容易的。然而，你可以改变一些攻击导弹运动的参数来增加游戏的趣味。这在本章后面要详细叙述。

图6-15（b）的方框图表示这个导弹攻击游戏的主 要控制部件。电路仅有一个控制输入，**发射**A方块在图的左上角。唯一的输出是右边中部的**游戏图象**输出端。还应该注意到这个系统使用了图5-15的滑动计数器运动控制板。在这块板上的垂直计数器确定反弹道导弹图象A的速度和方向，而水平滑动计数器确定攻击导弹图象B的运动。

图6-15（b）的大多数方框的作用，都能和流程图联系起来。其中一些方块图完成直接控制操纵范围以外的工作。因此，我们应该花些时间仔细地研究它们。

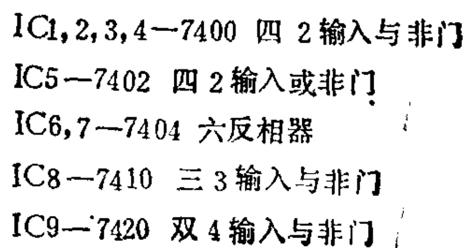
例如，**图象**A方框产生反弹道导弹的图象。由于这个小小的矩形图形仅仅在垂直方向运动，所以所需要的滑动计数器的输入也仅仅是产生图形垂直位置的数据——来自运动控制板的一些VM计数信号。图形的水平位置由来自信号源盒的行计数信号确定。

图象B方框完成同样的功能，产生攻击导弹图象。在这种情况下，图象在水平方向运动，因此，这个方框必须有来自运动控制板的HM输入。信号源盒的场计数信号确定导弹的垂直位置或高度。



+5 V
R_1
2.2 k
发射
IC1-A
C_1
0.1μF
IC6-B
R_2
470 Ω
IC6-A
场复位
A
B
IC1-B
C
IC1-D
D
128 VM
64 VM
32 VM
IC8-A
A 宽度
IC5-A
E
256H
IC6-C
IC2-C
C_2
0.02 μF
R_3
470 Ω
IC7-E
32 V
IC6-D
64 V
IC6-E
128 V
IC6-F
B 高度
IC7-B
IC9-B
F
IC2-D
IC3-A
C_3
1 μF
R_4
470 Ω
IC5-B
G
H
256HM
128HM
64HM
32HM
IC9-A
256H
128H
64H
IC8-B

图6-10 基本的导弹



IC1,2,3,4—7400 四 2 输入与非门

IC5—7402 四 2 输入或非门

IC6,7—7404 六反相器

IC8—7410 三 3 输入与非门

IC9—7420 双 4 输入与非门

攻击游戏系统电路图

游戏必须有检测反弹道导弹和屏幕顶部之间接触的装置，这种情况仅仅发生在导弹射出，没有击中目标的时候。"屏幕顶部"由A碰顶逻辑方框来划定界线，它是以信号源盒的场计数信号为基础的。

最后，还必须有一些检测攻击导弹和屏幕右边接触的方法。B边界逻辑方框确定屏幕的右边的区域，这只要把来自信号源盒适当的行计数信号，通过与非门进行逻辑处理就行了。

电路的基本分析表明这个游戏需要两块电路板。一块板是运动控制板，如图5-15所示。另一块是图6-16中的游戏控制电路。

图6-16中的大部分电路都直接和方框图有关，并和本章前面介绍的特殊的控制电路联系起来，例如，在电路图顶部的导弹发射和初始化电路。六个与非门和两个反相器、就是方框图发射A中确定的简单电路的组合 $\overline{R}$-$\overline{S}$触发器和A初始化电路。

IC8-A确定反弹道导弹的垂直信号。它用IC8-A输入端的三个VM信号产生高度为32VM脉冲的可移动的水平条。反弹道导弹的水平位置取自屏幕上256H从黑变白的交界处，即在屏幕的中间附近。来自信号源盒的256H信号经IC6-C反相后，产生一个负向脉冲沿，它触发由IC2-C和IC7-E组成的脉冲缩短电路，C_2的值决定图象的宽度。图中C_2的值是0.002μF。但是你可以改变C_2的值，产生你自己所希望的图形宽度。

反弹道导弹图象的水平和垂直部分，在IC5-A中与在一起。此图象的反相形式（白底黑图）送到与非门IC3-C。IC3-C把这个图象竖直、并和攻击导弹图形结合在一起。

攻击导弹图象在相同的电路中产生。IC9-A的HM输入确定导弹图象在水平方向移动的部分。这一组HM输入产生在水平方向上是32HM脉冲长的图象。你可以去掉送到IC9-A的32HM，使图象的长度增加一倍。

IC2-D固定攻击导弹的高度。它的输入是来自信号源盒的

64V和128V。这些输入和由IC3-A和IC7-B组成的脉冲缩短电路配合，在离屏幕顶部大约四分之一的地方产生一条细水平线。这条线固定了攻击导弹的垂直高度。它可以通过调整C_3的值进行改变。IC5-B将攻击导弹图形以水平和垂直部分结合在一起。

攻击导弹图形和反弹道导弹在IC3-C复合以前，它必须先通过IC4-D。只要IC4-D14脚是逻辑1，在**游戏图象输出**端就有攻击导弹的图象。如果通过IC4-A的检测，两个导弹相互接触，IC4-D的14脚就下降至逻辑0，于是攻击导弹的图象便在屏幕隐去。

这样，攻击导弹保持消隐状态直到它的"不可见"图象到达屏幕的右边。这一区域由IC8-B限定。IC5-C用于检测攻击导弹和屏幕右边的接触，使IC4-B和IC4-C组成的触发器复位，IC4-D回到逻辑1，在屏幕上再次出现攻击导弹图象。

图6-16的电路图是告诉大家确定两个导弹的速度和方向的连接方法。反弹道导弹的速度和方向由VC接线端决定。在这种情况下，8VC必须继续连到+5V（逻辑1）使得图象总是向上运动（请看图5-13的垂直方向和速度的技术条件）三个剩下的VC接线端用于相当高的发射速度。改变这些输入可以获得你认为满意的导弹发射速度。

HC输入决定攻击导弹的速度和方向。8HC必须保持在逻辑0，使导弹从左边移动到右边，但是可以改变其它的HC输入，获得各种不同的导弹速度。

顺便说说，通过改变运动控制板的三个较低位的VC和HC输入，可以改变两个导弹的速度，这是本章后面要介绍的一些有趣的控制电路的预兆。如果游戏进行扩展，使两个游戏者都能通过手动控制调整导弹速度相互进行競赛，那该多好呢！

图6-16的整个电路都能装在一个44脚10×10分米的电路板上。它和图5-15介绍的运动控制板，都能安装在一个简单的游戏盒单元里。游戏盒可以插入信号源盒的插座中。

初始位置、速度和方向、三个变量的编程

到目前为止，本章所介绍的运动控制电路，都已经确定了初始位置参数以及一个固定的速度和方向的程序。事实证明，通过游戏者或通过内部游戏控制系统对初始位置、图象速度和方向进行编程是相当简单的。

例如，拿导弹攻击游戏作为例子，将攻击导弹的高度和速度进行编程可以使游戏的乐趣增加，做到这一点是可能的。当然，攻击导弹的方向也能改变，但在这个游戏中是不适宜的。

我们来看看典型的乒乓球游戏。每当发球时，在动作发生以前，机器就应该有可能确定球的垂直方向和位置。

这一章介绍的电路告诉我们怎样将各种初始位置、速度和方向编成程序。举例主要是手动控制或游戏者控制，但是自动确定这些参量的电路是大致相同的。

初始位置的编程

图6-17电路表示四个**单刀双掷**（SPDT）开关标记A到D。每个单刀双掷开关连接到异或门的一个输入端。在这个具体例子中，来自信号源盒的32H、64H、128H和256H计数脉冲送给每个异或门的第二个输入端。四个异或门的输出在4输入与非门IC2-A中相与。

异或门最有用的性质之一是它根据第二个输入端的逻辑电平可以作为反相器或同相器。研究图6-17的IC1-D。当开关A放在它的"1"位置时，加在另一输入的32H信号出现在具输出端其相位与输入相位相同，开关置于"0"时，IC1-D使32H信号反相。

于是，当控制输入是逻辑1时，异或门就通过同相形式输入信号，而且当控制输入是逻辑0时，输出的信号与输入信号反相。

图6-17的电路可以在屏幕产生位于16个不同位置中的任一处

32H宽的线条。电路的附表表示了开关位置所有可能的组合以及输出特性。例如，D=0时，C=B=A=1，其效果与直接把$\overline{256}$、128、64H和32H送到与非门的输入相同。

如果你想用一种相当简单的方法检查这个电路，可将与非门的输入经过一个反相器后送到信号源盒的**游戏图象输入端**。读者将会发现可以在屏幕上产生一垂直白条，其位置由开关A到开关

开关输入				输出技术条件
D	C	B	A	
0	0	0	0	$\overline{256H}\cdot\overline{128H}\cdot\overline{64H}\cdot\overline{32H}$
0	0	0	1	$\overline{256H}\cdot\overline{128H}\cdot\overline{64H}\cdot 32H$
0	0	1	0	$\overline{256H}\cdot\overline{128H}\cdot 64H\cdot\overline{32H}$
0	0	1	1	$\overline{256H}\cdot\overline{128H}\cdot 64H\cdot 32H$
0	1	0	0	$\overline{256H}\cdot 128H\cdot\overline{64H}\cdot\overline{32H}$
0	1	0	1	$\overline{256H}\cdot 128H\cdot\overline{64H}\cdot 32H$
0	1	1	0	$\overline{256H}\cdot 128H\cdot 64H\cdot\overline{32H}$
0	1	1	1	$\overline{256H}\cdot 128H\cdot 64H\cdot 32H$
1	0	0	0	$256H\cdot\overline{128H}\cdot\overline{64H}\cdot\overline{32H}$
1	0	0	1	$256H\cdot\overline{128H}\cdot\overline{64H}\cdot 32H$
1	0	1	0	$256H\cdot\overline{128H}\cdot 64H\cdot\overline{32H}$
1	0	1	1	$256H\cdot\overline{128H}\cdot 64H\cdot 32H$
1	1	0	0	$256H\cdot 128H\cdot\overline{64H}\cdot\overline{32H}$
1	1	0	1	$256H\cdot 128H\cdot\overline{64H}\cdot 32H$
1	1	1	0	$256H\cdot 128H\cdot 64H\cdot\overline{32H}$
1	1	1	1	$256H\cdot 128H\cdot 64H\cdot 32H$

IC1—7486 四异或门
IC2—7420 双2输入与非门

图6-17 手动确定运动图形水平位置的电路

D的位置状况决定。在某种意义上讲，这个电路是一个开关编程线条发生器。当然你可以把行和场计数信号的任何组合加到四个信号输入端产生水平条或垂直条。当然你也可以将线路扩展，使用八个开关——多四个异或门和一个7430 8输入与非门供给八个信号输入。

图6-18（a）和图6-18（b）的电路告诉我们怎样把这个电路应用到导弹攻击游戏中。图6-18（a）的电路让游戏者调节反弹道导弹的水平位置。IC10-A的256H和128H输入信号使导弹

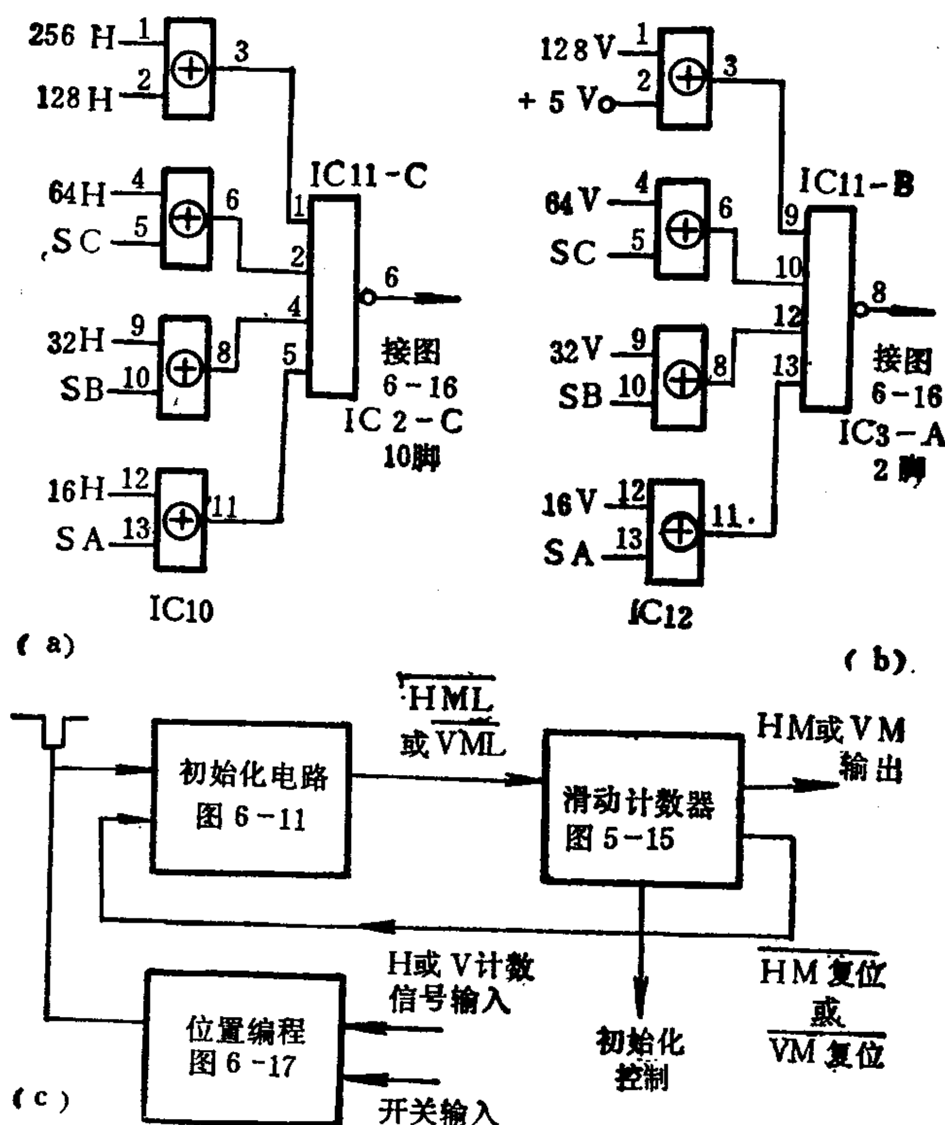


图6-18 程序控制基本导弹攻击游戏图形的初始位置
（a）程序控制反弹道导弹的水平位置 （b）程序控制攻击导弹垂直初始位置 （c）连接方框图

的位置确定在跨越屏幕中间位置的地方。游戏者灵活操纵开关SA、SB和SC在给定的区域内控制反弹道导弹的位置。用三个这种开关可以得到八种不同的发射位置。

用这个电路和图6-16的导弹游戏连起来，在图6-16电路中去掉IC_6-C，并在这个地方接入IC_{11}-A的输出。现在你可对反弹道导弹的水平位置进行编程，使你有更好的机会打下攻击导弹。如果你控制开关的速度足够快，那么当弹道导弹在飞行时，你就可以实际上操纵它。

基本的导弹攻击游戏也可以加上图6-18（b）的电路，而这个电路控制攻击异弹的高度。它被128V信号固定在屏幕上方三分之一的范围内，128V信号加到与非门IC_{11}-B之前，总先经过IC_2-A反相。游戏者可以借助于开关SA、SB和SC改变攻击导弹的高度，使它处在控制范围内的八个不同位置中的任一位置。

把这个高度编程电路与导弹攻击游戏结合在一起就要将IC_2-D断开，并把IC_{11}-B的输出连接到IC_3-A第二脚。

当然，这些仅仅是两个怎样应用图6-17位置选择电路的具体例子。

你想要对屏幕上图形的水平或垂直位置进行程序控制时，这个电路在各种场合都非常有用。

同一的电路也可以用来限定可移动图形的初始位置。在这种情况下，与非门的输出用作初始化的脉冲源。请看图6-18（c）的方框图。

如果你想要检查这个电路的工作情况，安装一个图6-13所示的电路，然后把图6-17的IC_2-A的输出偶合到图6-13（a）的初始化脉冲端。

置**初始化脉冲**为逻辑0，读者可以控制由滑动计数器产生的任意图象的初始位置。通过置**初始化控制**为逻辑1，图形就能从它的初始位置“发射”出去。

根据以上所述，图6-17的电路有两个用途：首先它借助于一

些编程开关用于调节屏幕上图形的位置，其次用于可移动图形初始位置的编程。

图形速度和方向的编程

可移动图形速度和方向的编程电路比初始位置编程电路简单。如图6-19（a）所示，一个滑动计数器的VC和HC输入与一组四个单刀双掷开关相连。在图5-13和图5-14表中列出了相对应的运动代码。所有这些简单的开关电路都是让游戏者能手动调节这些代码。

举例说，假设你想调节可移动图形垂直速度和方向，它的垂直分量由垂直滑动计数器产生（图5-13）。对这个运动进行调节就是把开关连接到电路VC输入就行了。

如果开关A接到1VC，开关B接到2VC等等，如图6-19(b)所示，游戏者能通过将A=1，B=0，C=1和D=0使图象相当快地向下运动。它们与图5-13快速往下运动的代码相对应。

开关电路可与基本的导弹攻击游戏结合，使游戏者可以选择攻击导弹的速度和反弹道导弹的速度，见图6-19（b）的电路。

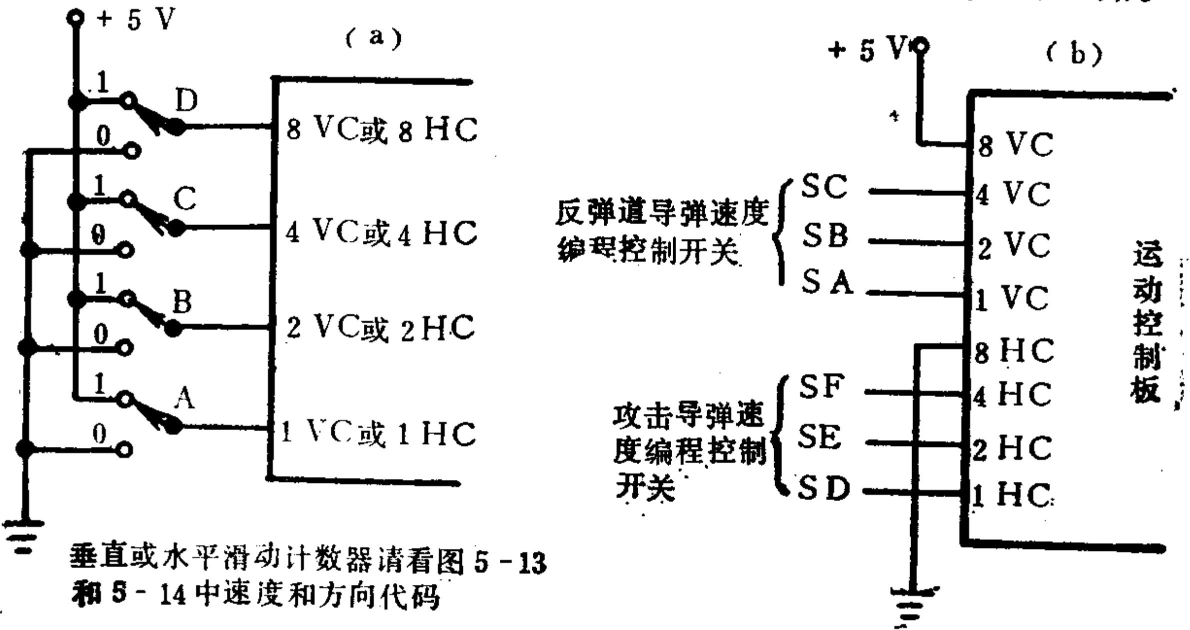


图6-19　用开关对运动速度和方向进行程序控制
（a）手动开关电路　（b）基本攻击导弹游戏的应用举例

在这个具体电路中，方向不能改变。它们应该固定以便使攻击导弹从左向右移动，反弹道导弹向上运动。这样8VC永久地接到逻辑1而8HC总是连接到逻辑0。每种情况下的其它三个输入给一个或两个游戏者以很宽的速度选择范围——精确地说八个不同的速度。

例如，反弹道导弹的速度是用开关SA、SB和SC可编程的，开关SD，SE，SF用以调整攻击导弹的速度。

将速度编程电路加进导弹攻击游戏中去，就是把图6-19(b)的开关连到图6-16的滑动计数器相应的HC和VC上就行了。

假如你已经认真学习了前面的讨论内容，你应该至少对一些非常有趣和激动人心的电视游戏留下深刻的印象。你自己制造的游戏机不象现在市场上固定的或编程的游戏机，它会给你许多游戏接口，可以选择各种游戏，其趣味程度不同。你不要限制在一对操纵杆和一、二个按钮上，你可以设计具有各种精巧控制的游戏机，它们具有各种开关，如发射爆炸按钮、闪烁警告灯和警笛等。

你可以按自己的想象来制造自己的游戏机。当时间、知识和经济允许时，你可从相当简单的游戏形式开始，逐渐加入更多的控制电路，几乎可以无限制扩大，边做边改正，达到满意为止。试用少量的钱设计一台可编程的电视游戏机。

一种简单的程序存储器

初始位置、速度和方向编程的可能性导致游戏者面对着一排使人迷惑的开关。使用许多开关进行工作可能是简练的，但在一些情况下要按那么多开关，就会减慢动作速度。

假如你要设计一个游戏电路，要求图象的初始位置、水平和垂直方向和速度都能进行编程。如果允许游戏者完全自由的选择这些参数，加起来要16个控制开关，每4个开关分别对应垂直运

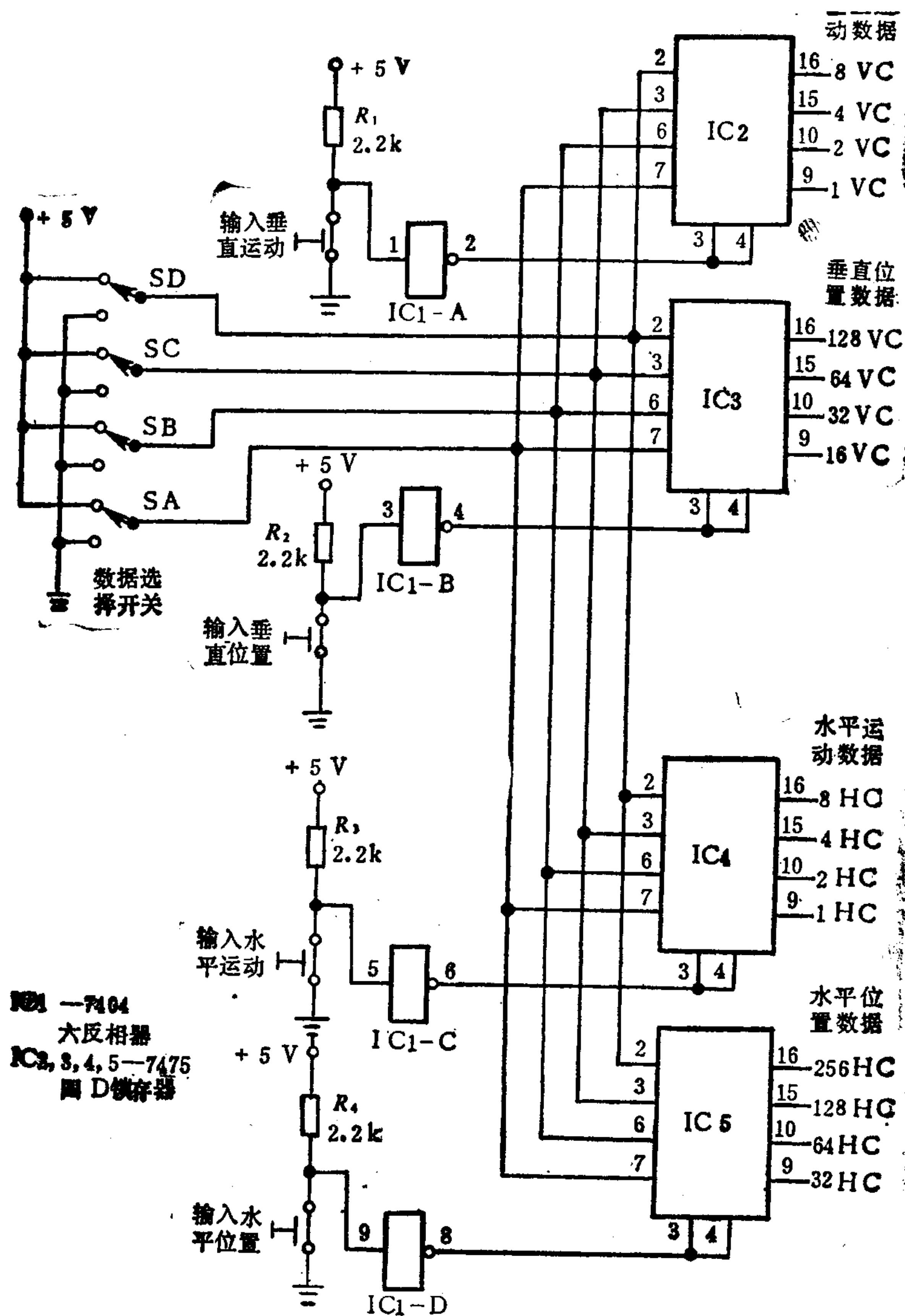


图6-20 游戏图形初始位置、速度和水平与垂直运动方向进行程序控制的存储器电路

动、垂直初始位置、水平运动和水平初始位置，也可能你喜欢这个主意，但是它造价太贵，尤其是有两个或两个以上游戏者，那就要装一个复杂的控制台。

减少这种游戏所需开关数量的办法是使用简单的开关位置存储电路。请看图6-20。

这个电路的IC2到IC5是4D寄存器。当控制输入升到逻辑1时，加在4个输入端（2、3、6、7）脚的逻辑0和逻辑1的组合将立即出现在相应的输出端（16、15、10、9脚）。当控制输入再回到逻辑0时，输出仍保持在控制端是逻辑1时所写入的逻辑电平。只要控制端保持逻辑0，存储电路对输入的任何变化都无影响。

当程序开关需要一个以上运动参数时，用每一组四个开关完成这项工作是可能的。如图6-20例子所示，游戏者先把数据选择开关（SA到SD）的位置放到我们所希望的逻辑1和逻辑0的组合状态，再按一会**置入V运动**(LOAD V MOTION)按钮就能写入垂直运动的数据。按下这个按钮，在IC2的控制输入端进一个逻辑1电平，因此，1和0的组合就存入存储器。在**置入V**运动按钮被再一次按下以前，IC2的VC输出一直保持这个数据。

垂直位置数据可用同样的方式写入，在这种情况下，按下**置入V位置**（LOAD V POSITION）按钮。

从选择开关来的数据能以所希望的顺序送到输出寄存器。本书后面还要叙述一些具体的例子，它们包括一些在游戏转折阶段锁定程序操作的自动控制器。

跟 随 性 质

你可能熟悉流行的电视游戏机，可以通过游戏者控制器把移动的图形置于屏幕上任意位置，但是，这个图形本身载有一枚“导弹”，主图形运动到哪里，导弹也运动到那里——至少到游戏

者“发射”导弹为止。

现在，我们把一个图形被另一个图形载着称做跟随物。在某种意义上说，从属图形跟随可移动的主图形直到游戏者设法指明从属图形应该自己“飞”为止。

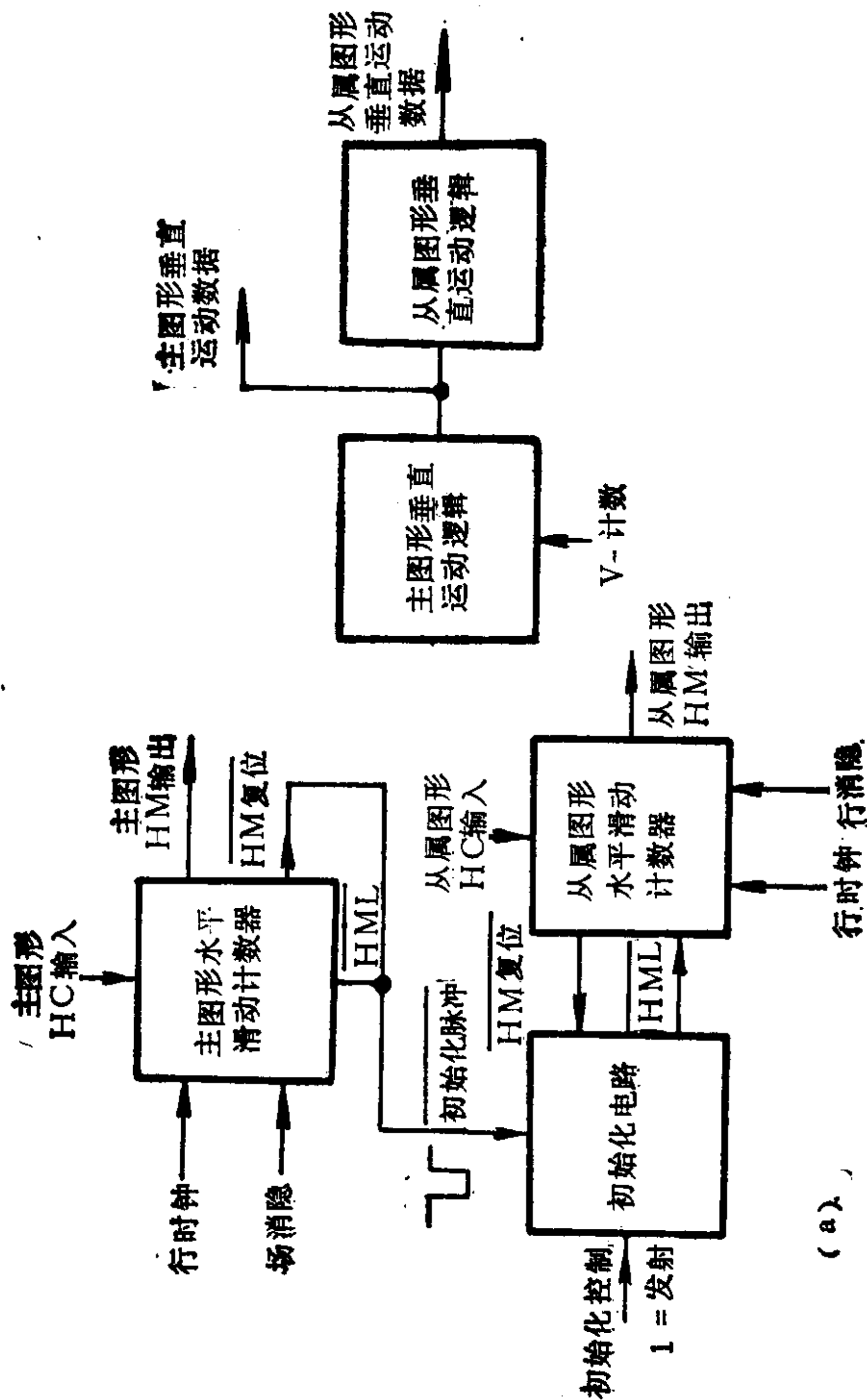
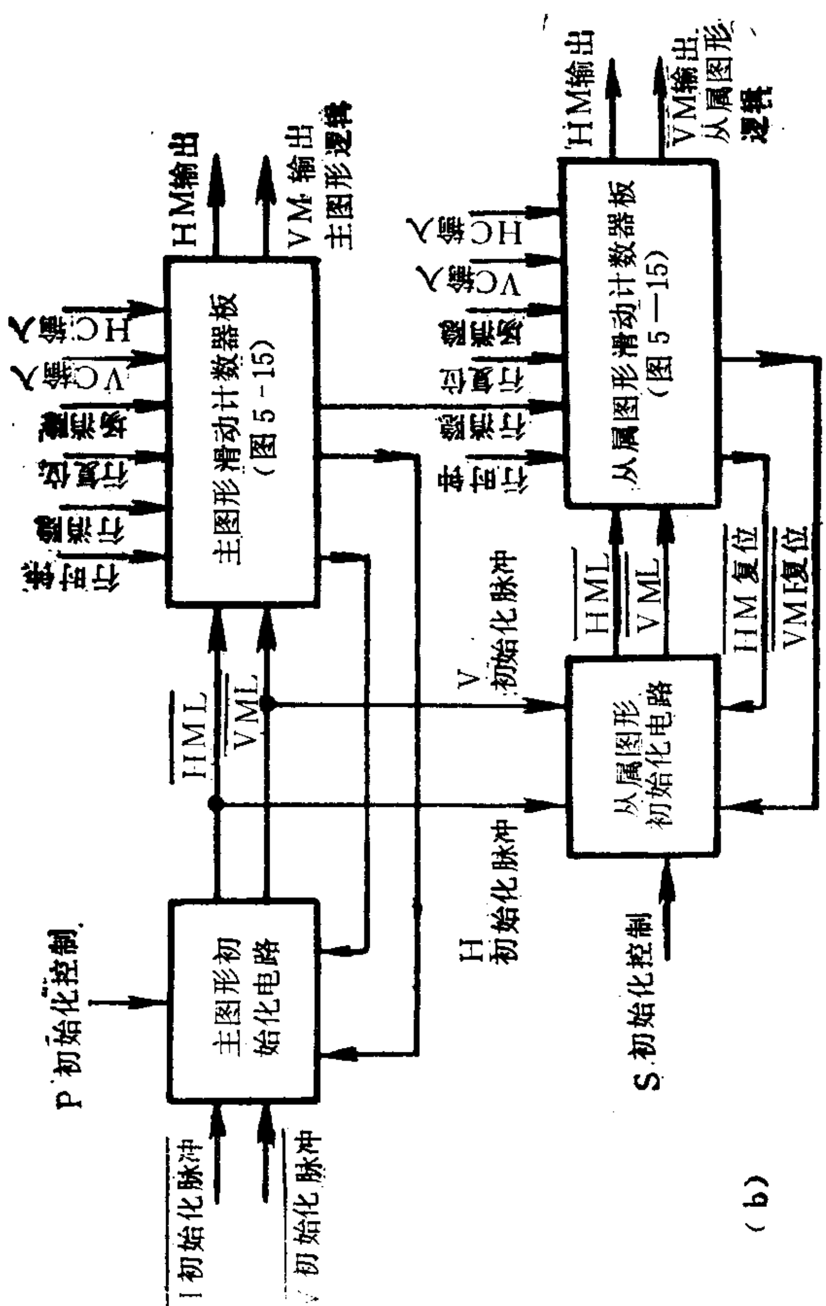


图6-21 图形跟随方框图

(a) 从属图形在水平方向跟随主图形直到初始化控制=1时发射

图6-21的方框图表示跟随物怎样和在水平方向运动的主图形相结合。这个电路要求有两个水平滑动计数器，一个用于主图形，另一个用于从属图形或跟随物图形。

为了简化起见，主图形没有初始化电路。由于这种原因，主滑动计数器产生限定连续水平运动的HM输出。（当然运动的速



（b）包括主图形初始位置恢复电路的完整的图形跟随控制系统

度和方向由主计数器的HC输入决定）。

只要到从属图形的初始化电路的**初始化控制**输入置于逻辑0，从属滑动计数器就从主图形计数器的$\overline{\text{HM}}$**复位**取出复位脉冲。这样从属计数器与主计数器同步，迫使从属图形跟随主图形，不管它走到哪都跟到哪。这就是跟随电路的主要性质——强迫从属计数器和主图形计数器同步。

当第二个恢复电路的**初始化控制**输入置于逻辑1时，从属水平滑动计数器开始从它本身的复位电路中取出复位脉冲，从而使它摆脱主计数器的控制，并从主图形飞走，其方向和速度由从属计数器的HC输入决定。

初始化控制再一次回到逻辑0时，从属图形重新附着在主图形上。

由于主图形和从属图形仅仅被限定在水平运动方向上，决定它们各自长度的垂直数据，可直接从信号源盒场计数输出中取出。

从垂直方向运动的主图形上发射从属图形的电路与刚才介绍的电路相同，它们的不同之处仅在于这个电路应该用垂直计数器和垂直计数信号。

图6-21(b）是允许主和从属图形二维运动（水平的垂直的）跟随系统的方框图。将**主图形初始化控制**（PINTC）输入置于逻辑0使主图形恢复到初始位置。这时，在主图形滑动计数器电路中的水平和垂直的滑动计数器被外部的初始化脉冲H**初始化**脉冲和V**初始化脉冲**复位。如果从属图形也在这时被初始化（**从属图形初始化控制**置于逻辑0），从属滑动计数器板将从主初始化电路中接受水平和垂直复位脉冲。

这样，两个滑动计数器同步，而且主图形的初始位置决定从属图形的初始位置。

当**主图形初始化控制**为逻辑1时，主图形滑动计数器开始从本身的复位脉冲系统中取出复位脉冲，使主图形开始运动，其方向和速度由主图形滑动计数器的VC和HC输入决定。由于从属

图形初始化控制仍旧在逻辑0，从属图形滑动计数器仍旧以主图形电路中取出复位脉冲。这样从属图形就和主图形同步，不管主图形运动到哪里，从属图形也跟随到哪里。

当**从属图形初始化控制**置于逻辑1时，从属图形滑动计数器从主电路中脱离，从属图形于是离开自己的家向外飞去，其方向和速度由从属图形滑动计数器的VC和HC输入决定。

不管主图形是否已经恢复，**从属图形初始化控制**回到逻辑0时，从属图形又回到主图形。

从属图形的速度和方向与主图形的速度和方向无关。两个图形的速度和方向之间的关系由两对滑动计数器的HC和VC输入端严格确定。在某些情况下，你可能要求从属图形快速地飞出，而方向与主图形一样。这时可把两个滑动计数器的8VC和8HC输入连接在一起。这限定它们两个图象的飞行方向。从属图形被发射以后，其它三个较低位的VC和HC输入就确定它们相对的速度。

第七章中的“鱼雷攻击”和“空中混战”游戏说明跟随电路的应用。

第七章　战争游戏

这一章先向读者介绍一些具体的电视游戏电路，然后阐述它们的应用。

虽然读者参考第二章的内容，就可以组装本章的游戏电路，但是等学完全书，再动手是明智的。

你将会注意到，这里介绍的战争游戏所使用的图形大多是矩形，没有有趣的复杂图形。读者可以选择第四章介绍的内容，产生本章使用的简单图形。

为了简化整个系统，这一章的游戏不包括音响和记分电路。这些电路以后一定要加进去，但必须先学会有关音响效果和记分电路以后才动手。

还应该知道图形的旋转效果，这一章没有一个图形能在屏幕上旋转，读者如果要使图形旋转，要学习后面与此有关的具体内容。

然而，读者不要错误地认为这一章的游戏太简单了。这些游戏机，在电视游戏技术微妙的细节上，的确受到了一些限制，但它们的控制电路和其它游戏机一样复杂。

本章叙述的是电视游戏机的心脏。它把一些最基本的控制特点介绍给大家，主次分明，毫不混淆。（有些厂家为了推销产品，常常增加一些次要的内容，吸引顾客）如果需要，可增加导弹混战游戏。

导弹攻击Ⅱ

这是第六章已经介绍的导弹攻击游戏的扩展形式。它需要两个游戏者，一个控制攻击导弹；另一个控制反弹道导弹。游戏者B的任务是控制攻击导弹的路线，然后朝着目标发射。攻击导弹

总是从屏幕的左边发射，高度由游戏者B控制。目标位于屏幕的右下角，游戏者B可采用各种可控的速度、初始高度和下降速度进行攻击。

游戏者A的任务是发射反弹道导弹，保护目标，反弹道导弹只能从屏幕的底部发射，游戏者A可以在发射以前给定导弹的水平位置。

一旦导弹射出，任何一个游戏者都不能控制他们各自的导弹了。

这个游戏的特点，是有一对控制台，大大增加了游戏的趣味。游戏者会得到这样一个印象，好象他们在用计算机系统玩游戏。这不是一个容易玩的游戏，它具有挑衅性，能激发起游戏者的兴趣。游戏者需要头脑清醒，动作灵敏。

基本游戏方案

图7-1的流程图介绍了导弹攻击战Ⅱ的自动控制方案。在正常情况下，游戏者B先发射攻击导弹，朝着目标飞去。这时游戏者A发射反弹道导弹，进行迎战。

两个导弹都发射后，系统进入一个4点决定的模式，如果没有发生任何情况之前，反弹道导弹击中攻击导弹（游戏者A将得分）。当A＝B时，攻击导弹复位到初始位置以前，它的图象在荧光屏上闪光，大约持续半秒钟。反弹道导弹在A＝B时立即复位。

现在假设两个导弹都发射后，反弹道导弹没有击中目标。这种情况下，反弹道导弹继续向上运动，直到抵达屏幕的顶端。在A＝顶端（TOP）时，反弹道导弹立即复位到屏幕底部的初始位置上。游戏者可以自由地在水平位置上控制导弹并重新发射。

如果反弹道导弹没有击中攻击导弹，攻击导弹会发生两种情况中的一种。对游戏者B来说，最好的情况是他的导弹击中屏幕

右下角的目标，这便是B＝目标（TARG）的条件。当击中目标时，目标进行闪光，它清楚地指示目标被击中了。

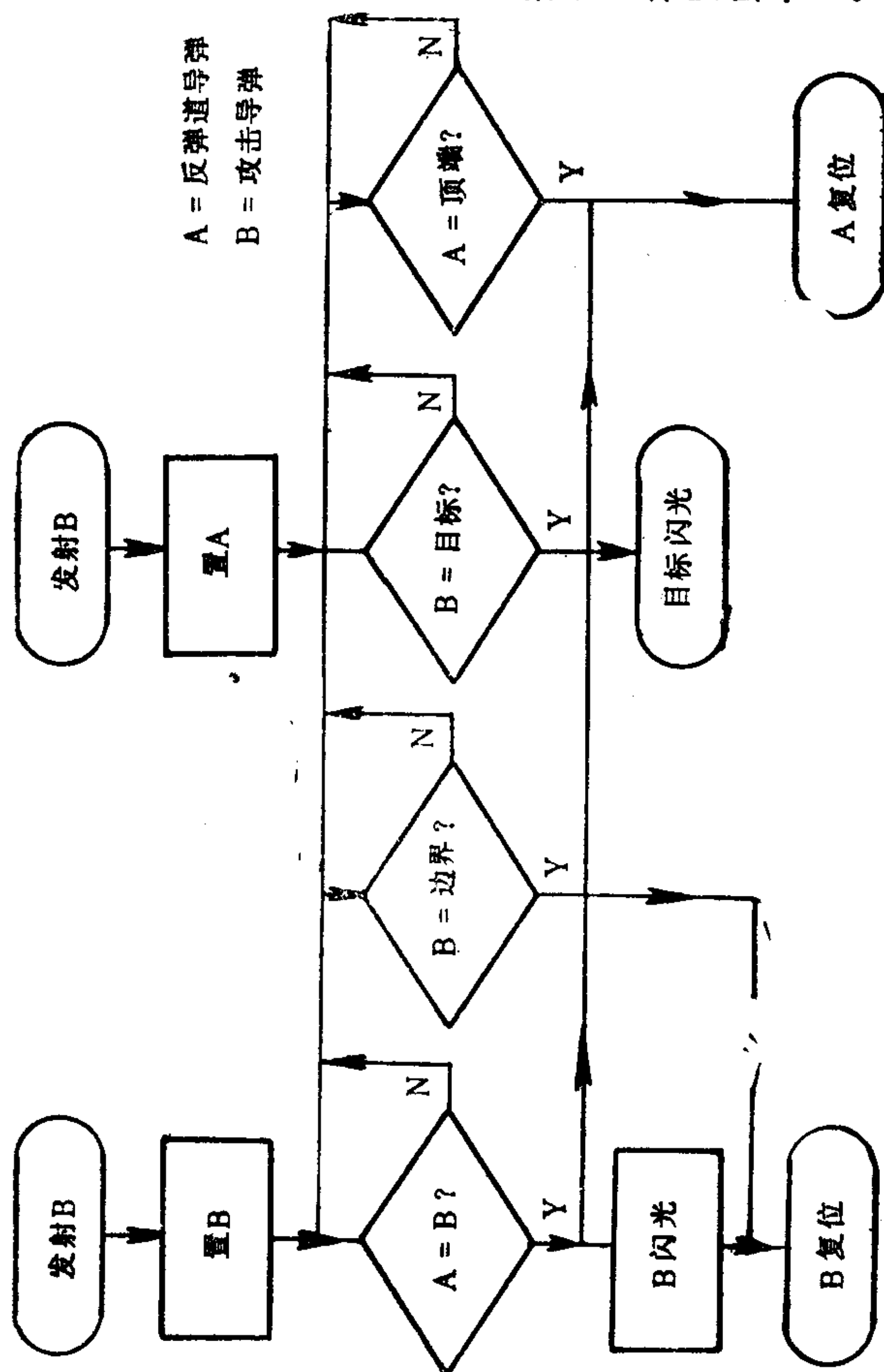


图7-1 导弹攻击Ⅱ的流程图

不管攻击导弹是否击中目标，它都继续沿着它运动的路线，穿越屏幕直到满足B＝边界（EDGE）的条件。边界限定为沿着屏幕的右边和底边的边线。如果游戏者A的导弹没有击中攻击导弹；游戏者B也没有击中目标。攻击导弹要么碰到屏幕的底

部，要么射过了头（击中屏幕的右边）。

在任何情况下，当攻击导弹到达屏幕的右边边沿或底部时，它立即回到初始位置。

只要攻击导弹处在初始位置，它立即从屏幕上消隐。这个性质使游戏者B可以不向对方暴露自己意图去调整初始的发射高度。反弹道导弹则不会从屏幕上消隐。

游戏者控制器

图7-2表示反弹道导弹的游戏者A的控制台和其它有关零件。游戏者A在沿着屏幕底部16个不同的位置上，调整反弹道导弹的水平位置。

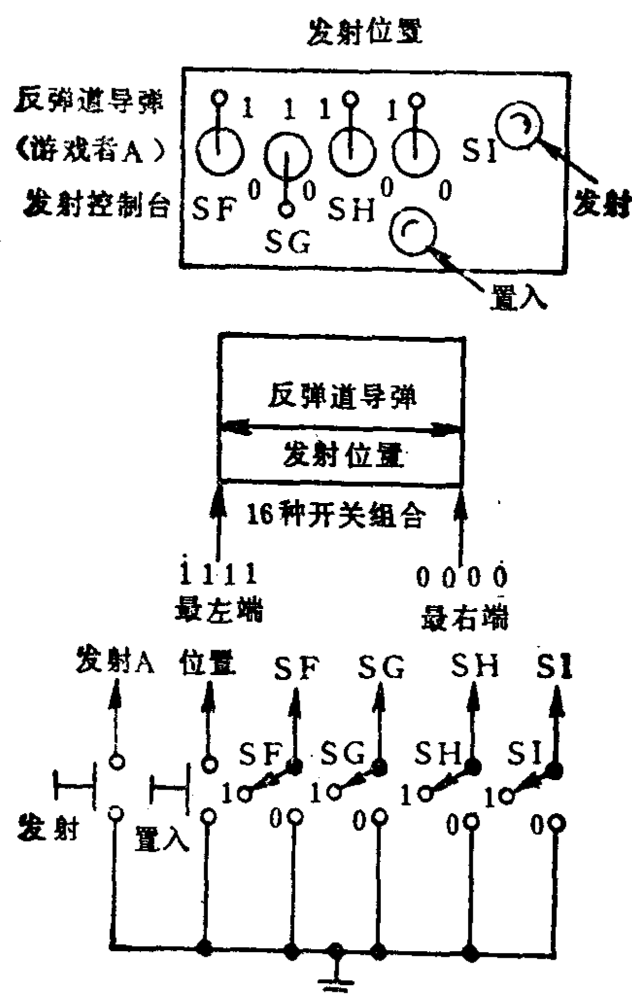
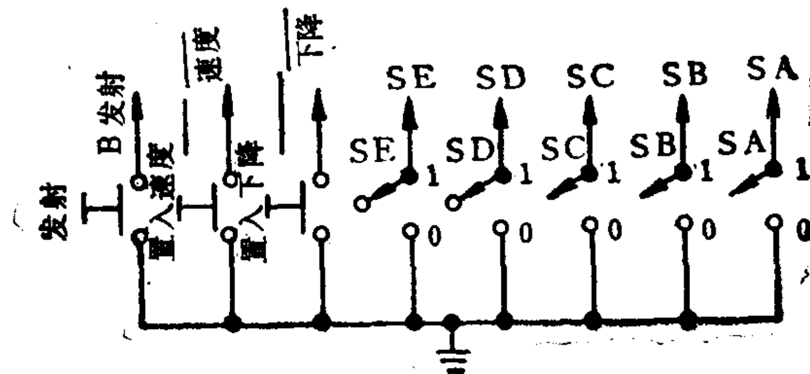
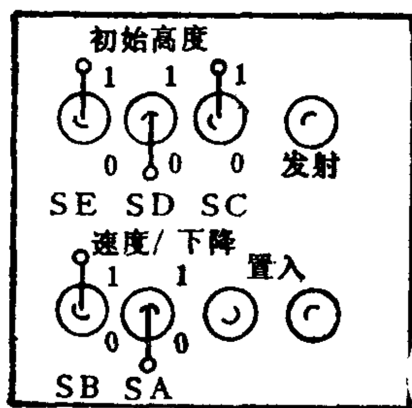


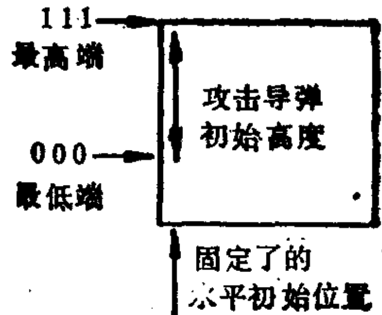
图7-2　游戏者A的控制台、发射位置的范围和控制台原理图

具体的控制方法是先把开关SF到SI置于16种不同的逻辑

和逻辑0组合中的一种，然后迅速按下置入（LOAD）按钮。反







SB	SA	速度/下降
0	0	快
0	1	中速
1	0	慢
1	1	非常慢

速度/下降表

图7-3 游戏者B控制令、发射高度范围、速度和下降速度表及控制台原理图

弹道导弹的图形根据开关所处的位置移动，实际地操作一下，对这些开关的作用就一目了然。

按下**发射**（LAUNCH）按钮，反弹道导弹从初始位置射出。一旦导弹射出，所有的开关和按扭被锁住。反弹道导弹的路径再不可能改变，直到导弹自动复位（击中攻击导弹或碰到屏幕顶端）。

攻击导弹控制台较复杂一些，因为游戏者B要控制比较多的初始参数。请看图7-3。

游戏者B的控制器，仅仅在攻击导弹处在消隐的初始位置时才起作用。可以改变开关SC、SD和SE的位置，使导弹的初始攻击高度在荧光屏上半部的八个位置中的任一位置上。将三个初始高度（INITIAL ALTITUDE）开关都置于1，就是它的最高高度；三个开关都置于0，就是它的最低高度。在这个具体情况下，不需要按下任何**输入**按钮。

游戏者B还要确定导弹攻击和下降的速度。它们由开关SA和SB确定，分别有四种可能的攻击和下降速度。参看图7-3上的表格。确定攻击速度是先将SA和SB置于所希望的位置，然后按输入**速度**（VELOCITY）按钮。开关SA和SB还用于确定下降速度，该参数则通过按输入**下降速度**（DESCENT）按钮置入系统。

按下**发射**按钮，攻击导弹射出。它按照游戏者B发射以前确定的路径行进，与此同时，所有的控制器都被锁定，直到攻击导弹消隐回到它的初始位置。

有许多不同的水平速度、下降速度和初始高度，使攻击导弹指向目标。游戏者B的任务是找到一种恰当的组合避免被反弹道导弹击中。游戏者B战略的一部分，是用一种假的逃走使游戏者A丧失进攻位置，然后在下一次给目标以致命的一击。

图象闪光电路

这种游戏在前面几章没有介绍过。它是当目标被击中时，引起图象闪光。例如，反弹道导弹击中攻击导弹时，攻击导弹产生闪光。攻击导弹击中目标时，目标也产生闪光。两种情况下，闪光效应和得分一致。

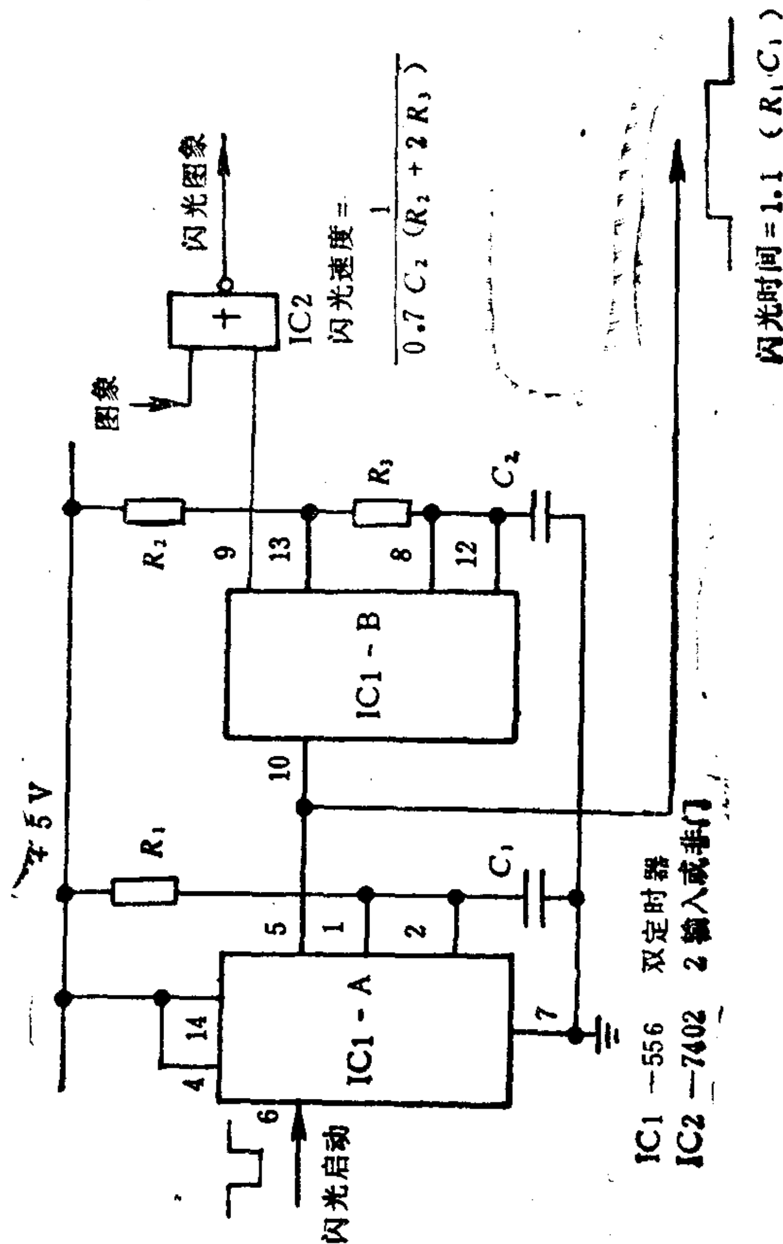


图7-4　基本图象闪光电路

图7-4为一基本的图象闪光电路，它将用于本书许多不同种类的游戏中。其中集成电路IC1是一个556双定时器。IC1-A通

接成单稳态多谐振荡器，此振荡器在负向闪光启动（FLASH START）信号的触发下动作。

IC_1-A的输出可用作复位或其它游戏操作的定时。更重要的是，它允许自激多谐振荡器产生脉冲输出信号。振荡器IC_1-B截止时，把逻辑0电平送给IC_2的输入端。这时候或非门导通，允许图象（IMAGE）信号反相后连续通过。

振荡器工作时，产生一系列的1和0输出，所以图象信号以相同速度被打断。C_2，R_2，R_3，的值决定闪灭速率；R_1和C_1的值决定总的闪光时间。

游戏方框图

图7-5表示导弹攻击游戏Ⅱ的三个主要部分。图7-5（a）是反弹道导弹即游戏者A的主要控制部分；游戏者B的控制电路方框图如图7-5（b）所示。整个游戏控制电路如图7-5(c）所示。

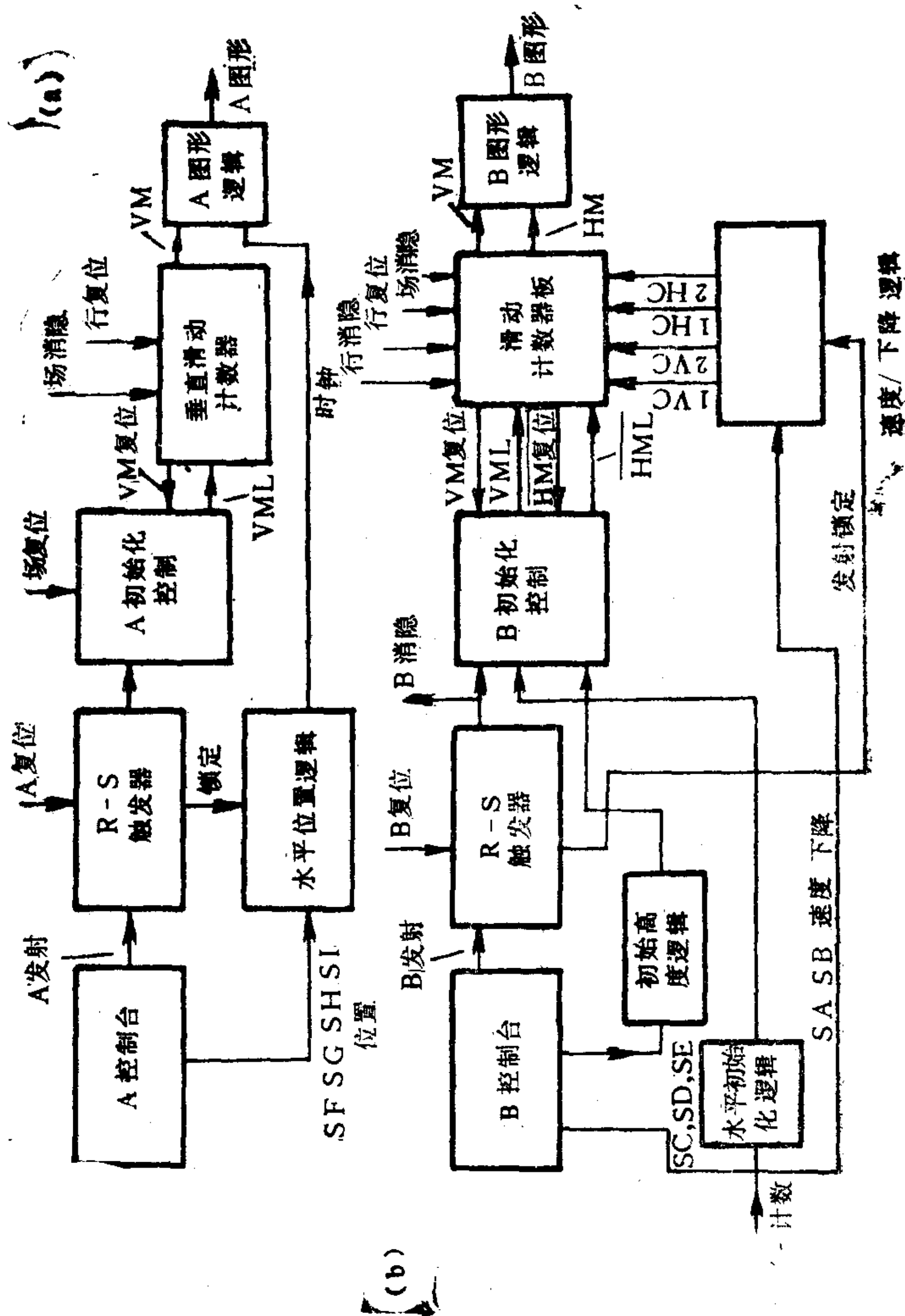
参考7-5（a）方框图，我们假设反弹道导弹处于复位状态，停在屏幕的底部。此时A发射（$\overline{\text{ALAUNCH}}$）信号为逻辑1，R-S触发器允许有两种情况发生。首先，触发器使控制水平位置的逻辑电路进入工作状态，游戏者A通过控制台上的开关手动调整导弹的水平位置。其次，复位触发器处在这样一种状态，初始化控制电路把场复位（VRST）脉冲送到垂直滑动计数器。它的作用是使滑动计数器由信号源盒的场计数系统同步。反弹道导弹不能垂直运动。

图形产生逻辑电路将反弹道导弹的水平数据（来自水平位置逻辑电路）和它的垂直数据（来自滑动计数器的VM输出）进行组合成，在屏幕产生图象。反弹道导弹的图形信号在图7-5(a)上用A图形（AFIG）标出。

只要反弹道导弹处在复位状态，导弹就不能在垂直方向运动，因为它的垂直滑动计数器被信号源盒的50Hz场复位信号同步。但是通过控制台和水平位置逻辑电路，能够在水平方向用手

动控制器移动。

游戏者A按下反弹道导弹的**发射**按钮，导弹射出。这一动作在$\overline{\text{A发射}}$端产生一个瞬时负脉冲，使R-S触发器处于发射状态。



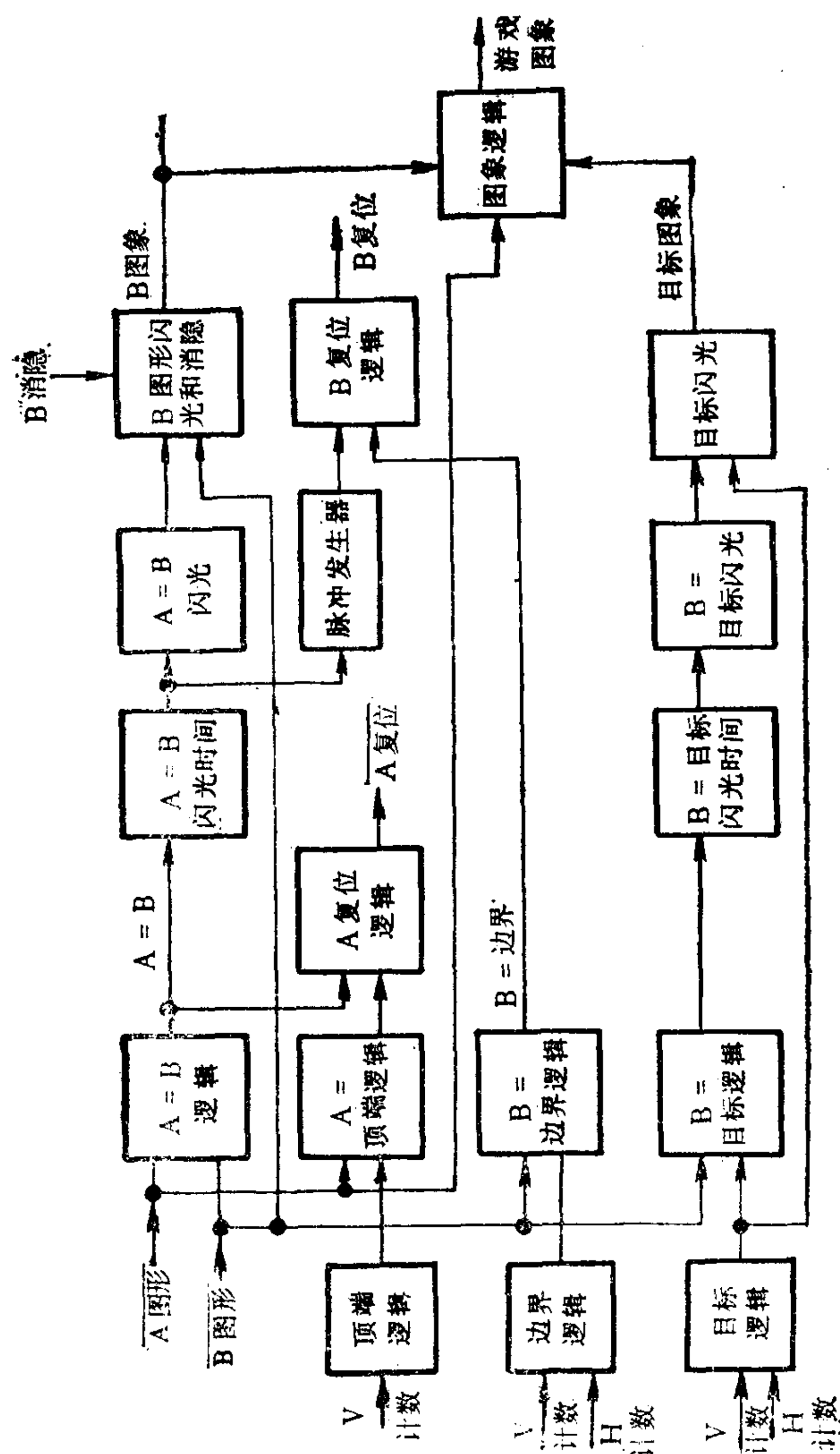


图7-5 导弹攻击Ⅱ方框图

(a) 反弹道导弹部分 (b) 攻击导弹部分 (c) 游戏逻辑

这时发生两种情况：水平位置逻辑被锁定，游戏者不再能控制导弹的水平位置；初始化控制电路允许滑动计数器进行工作。这样，

反弹道导弹从屏幕底部升起，其速度由垂直滑动计数器可控的VC信号决定。这一部分在图7-5（a）未画出，因为它在计数器内快速确定。

图7-5（a）的全部电路都可以在本书前几章找到。第6章叙述了R-S触发器水平位置逻辑和初始化控制电路，第5章介绍了垂直滑动计数器。图形逻辑电路是在第3章的基本图形产生电路C的基础上改进得到的。

图7-5(b）是攻击导弹的主要控制电路。这个系统具有与反弹道导弹系统几乎相同的环节以及确定下降和水平速度的电路。

假设攻击导弹已经复位到屏幕的左边。R-S触发器处在这样一种状态：（1）允许游戏者B确定水平速度和垂直下降速度；（2）固定初始化控制，使水平和垂直滑动计数器被原始信号源的计数信号同步。

水平速度和下降速度的控制实际上是靠改变滑动计数器板的1VC，2VC，1HC和2HC信号，见图5-15。这个计数器的其余速度和方向控制信号在内部用线连结起来，保证攻击导弹从左到右和从上到下的运动。换句话说，游戏者B能控制运动速度，而不能控制其大方向。

攻击导弹的水平初始位置，由水平初始逻辑电路的信号确定。垂直位置由初始高度逻辑电路中的控制开关SCS，D和SE决定。

一旦游戏者B按下**发射**按钮，$\overline{\text{B 发射}}$（$\overline{\text{BLAUNCH}}$）端的瞬时负脉冲改变R-S触发器的状态，导弹控制被锁定，滑动计数器同步，导弹自动穿越屏幕。

攻击导弹继续运动直到在$\overline{\text{R}}$-$\overline{\text{S}}$触发器的B复位（BRST）输入端出现瞬时正脉冲，与此同时，整个系统回到复位状态。

攻击导弹是发射还是处在复位状态，图象都由图形逻辑电路产生。所需的水平和垂直计数信号直接从滑动计数器的HM和VM输出端取出。

图7-5（c）方框图表示游戏机的主机控制系统。顶端逻辑、

边界逻辑和目标逻辑电路仅产生与它们位置有关的信息，而目标逻辑数据是它们在屏幕上显示的唯一的一个数据。

反弹道导弹图形的反相形式$\overline{\text{A图形}}$直接送给A＝B和A＝顶端的逻辑电路，而攻击导弹图形（BFIG）的反相形式直接送给A＝B, B＝边界和B＝目标电路。它们就是第6章介绍过的接触检测电路。两个导弹相互接触时，A＝B电路产生一个脉冲；当反弹道导弹到达屏幕的顶端时，A＝顶端电路产生一脉冲；当攻击导弹和屏幕的底边或屏幕的右边相碰时，B＝边界的电路产生一脉冲；当攻击导弹击中目标时，B＝目标电路也产生一个脉冲。

图7-5（c）中许多没有解释的部分可以从图7-1的流程图来确定。例如，当A＝B或A＝顶端时，A复位逻辑电路使反弹道导弹复位。这个复位脉冲用$\overline{\text{A复位}}$表示。

当A＝B时，从A＝B电路来的脉冲使A＝B闪光电路里的闪光定时器工作，而又它产生一个逻辑1电平启动A＝B闪光器。定时时间结束，脉冲发生器产生一瞬时脉冲，使攻击导弹复位。

攻击导弹到达屏幕的右边或底边后也立即复位。当A＝B闪光定时结束，或者导弹接触屏幕的边界时，B复位逻辑电路产生攻击导弹的复位负脉冲（B复位）。

当B＝目标电路检测出攻击导弹和目标相碰时，启动闪光定时器。它又使B＝目标闪光电路工作，这时目标图象信号在屏幕上时隐时现。

让我们再回头看看攻击导弹图形，B图形闪光和消隐方框有两个独立的控制输入。当攻击导弹复位时，它的B图象$\overline{\text{(BFIG)}}$可以从屏幕上完全消隐，这由来自攻击导弹控制系统的反相的B消隐（$\overline{\text{BBLANK}}$）信号完成。

然而，同样的攻击导弹图象也能通过A＝B闪光电路使其消隐或不消隐。在任一种情况下，不消隐的、消隐的或闪光的图象信号都作为B图象信号出现。

B图象反弹道导弹图形的反相形式$\overline{\text{A图形}}$和目标图象

（TIMAGE）结合在一起，在图象逻辑电路中形成复合的游戏图象信号。

图7-5（c）的闪光电路在图7-4电路中已作介绍。顶端、边界和目标逻辑电路是第2章的图形发生器的变形。检测接触电路也在第6章作了一般性介绍。

如果读者已经认真地学习了本书前面的内容，你将发现，这里完全没有什么新的东西。

电路图

图7-6、7-7和7-8是导弹攻击游戏Ⅱ的电路图。它要求有四块电路板，其中三块板刚才已经提到，另一块是图5-15上的滑动计数器板。这个游戏机有两个独立的控制台，它们在图7-2和图7-3也已经叙述过了。

认真地研究了游戏的流程图和方框图以后，也就没有必要非常详细地介绍电路本身了。在分析系统的工作情况时，图7-9的接线图是非常宝贵的。

图7-6是包括反弹道导弹大部分控制元件的电路板。IC1-A和IC6-F以及C_1和R_7组成的电路，仅仅把负向的发射信号转变成一个窄负脉冲。IC2-A和IC2-C组成$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器，它在窄脉冲出现时，第3脚是逻辑1，8脚是逻辑0。

IC2-B、IC2-D和IC1-B组成初始化位置控制电路。当反弹道导弹处于复位位置时，这个电路把反相的**场复位**脉冲送给垂直滑动计数器IC7和IC8的输入端。发射导弹时，初始化控制电路把IC1-D的输出送回滑动计数器的输入端。

IC3的四部分确定了决定反弹道导弹初始水平位置的反相和不反相的H计数信号。请参照图6-17，了解它的详细情况。只要系统处于复位状态，**输入**按钮已经按下，定位信号就直接通过四D锁存器IC9。IC4-A把来自$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器的发射状态信号和来自游戏者**置入**按钮的逻辑电平**位置**（$\overline{POS}$）相与。

当置入按钮释放，或者导弹射出，IC9的4和13脚变到逻辑0，使锁存器进入存贮方式，水平位置数据被该电路锁存，并保持在IC5-A的输入端。

反弹道导弹的水平位置实际上由IC5-A确定。由于产生脉冲产生反弹道导弹的水平宽度太宽了，所以用IC1-C、IC6-C、R_6和C_2组成的电路变窄。我们可以改变C_2的值使反弹道导弹的宽度满足设计要求。

反弹道导弹的高度和垂直位置由垂直滑动计数器IC8的高位输出端(脚12)决定。这个输出经IC6-D反相后与IC4-B中的图象的水平部分相与。在送到系统的其它部分之前，未反相的导弹图象信号经IC6-E反相。

图7-7电路是攻击导弹的控制部分。IC1-A和IC4-A组成与反弹道导弹相同的发射电路，产生发射脉冲。由IC1-B和IC1-C组成的$\overline{R}$-$\overline{S}$双稳触发器被IC4-A的负脉冲置于发射状态，然后由来自IC4-B输出的负向B复位（BRST）脉冲再次复位。

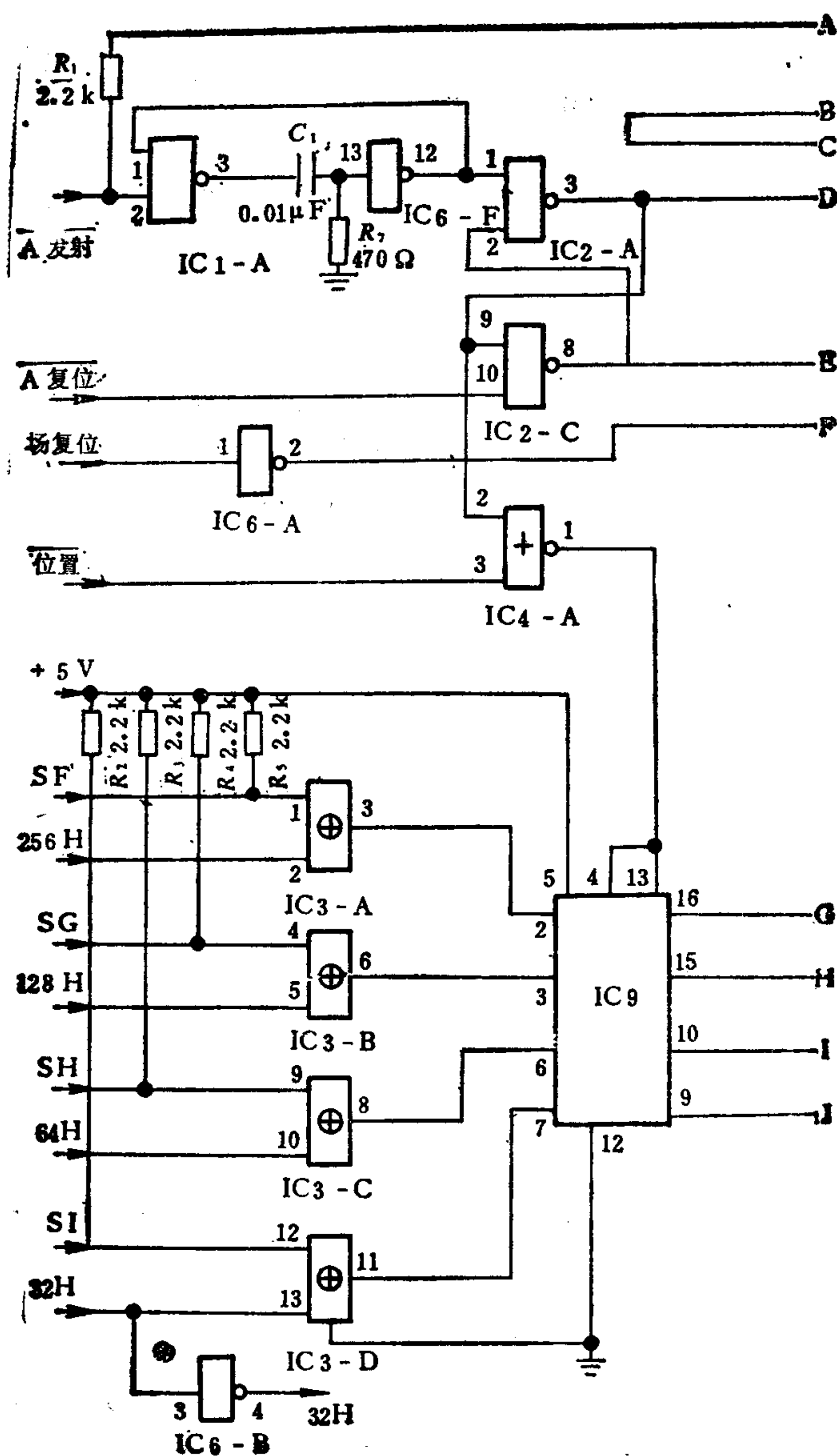
攻击导弹电路的复位控制电路为IC8，实际上它是一个四2选1数据选择器。这里仅用了其中两路，足以在滑动计数器板(图5-15)进行初始化脉冲和运动产生脉冲之间切换操作。

只要IC1-B的输出是逻辑0，攻击导弹系统就被复位。因此场同步信号直接送到VM复位（VMRST），行同步脉冲送到滑动计数器的HM复位（HMRST）输入端。

场同步脉冲从初始高度电路IC7和IC3-A取出，游戏者B控制台上的开关SC、SD、SE确定输至IC3-A输入端的场计数信号。IC3-A的输出确定复位期间攻击导弹出现在屏幕上的垂直位置。

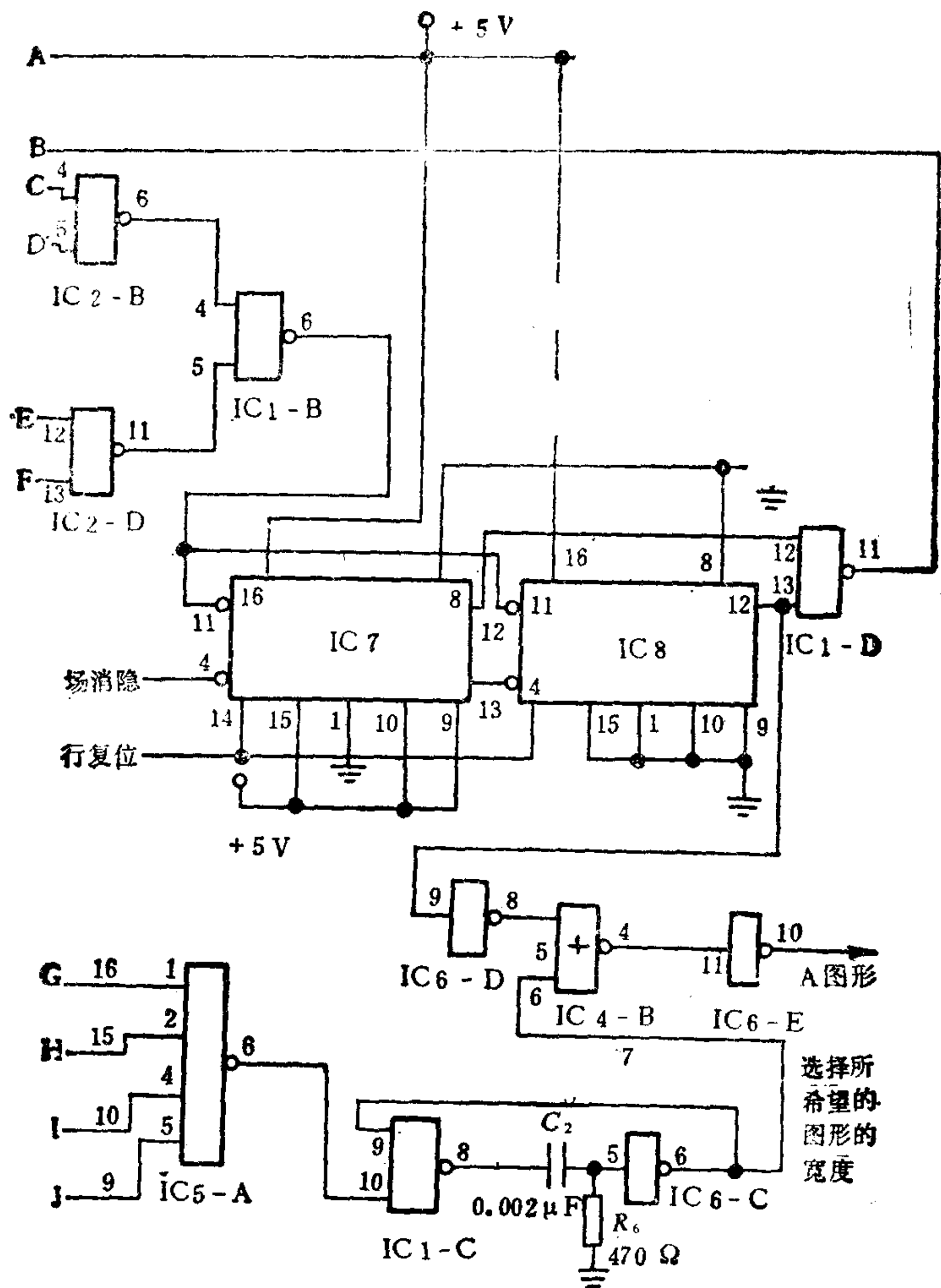
IC3-B决定攻击导弹在初始化阶段的水平位置。它位于屏幕的最左边并由到IC3-B反相H计数信号确定。IC3-B的位置确定信号加到初始化电路IC8以前，被IC1-D和IC4-F组成的电路变窄。

只要攻击导弹处在复位状态，滑动计数器就予以保持。



A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
R1
2.2 k
C1
0.01μF
R7
470 Ω
IC1 - A
IC6 - F
IC2 - A
IC2 - C
IC6 - A
IC4 - A
A 发射
A 复位
场复位
位置
+ 5 V
SF
256 H
SG
128 H
SH
64H
SI
32H
IC3 - A
IC3 - B
IC3 - C
IC3 - D
IC9
IC6 - B

图7-6 反弹道导弹



IC1，2—7400　四2输入与非门
IC3—7486　四异或门
IC4-7402　四2输入或非门
IC5—7420　双4输入与非门
IC6—7404　六反相器
IC7，8—74191 二进制计数器
IC9—7475　四D锁存器

控制电路板的电路图

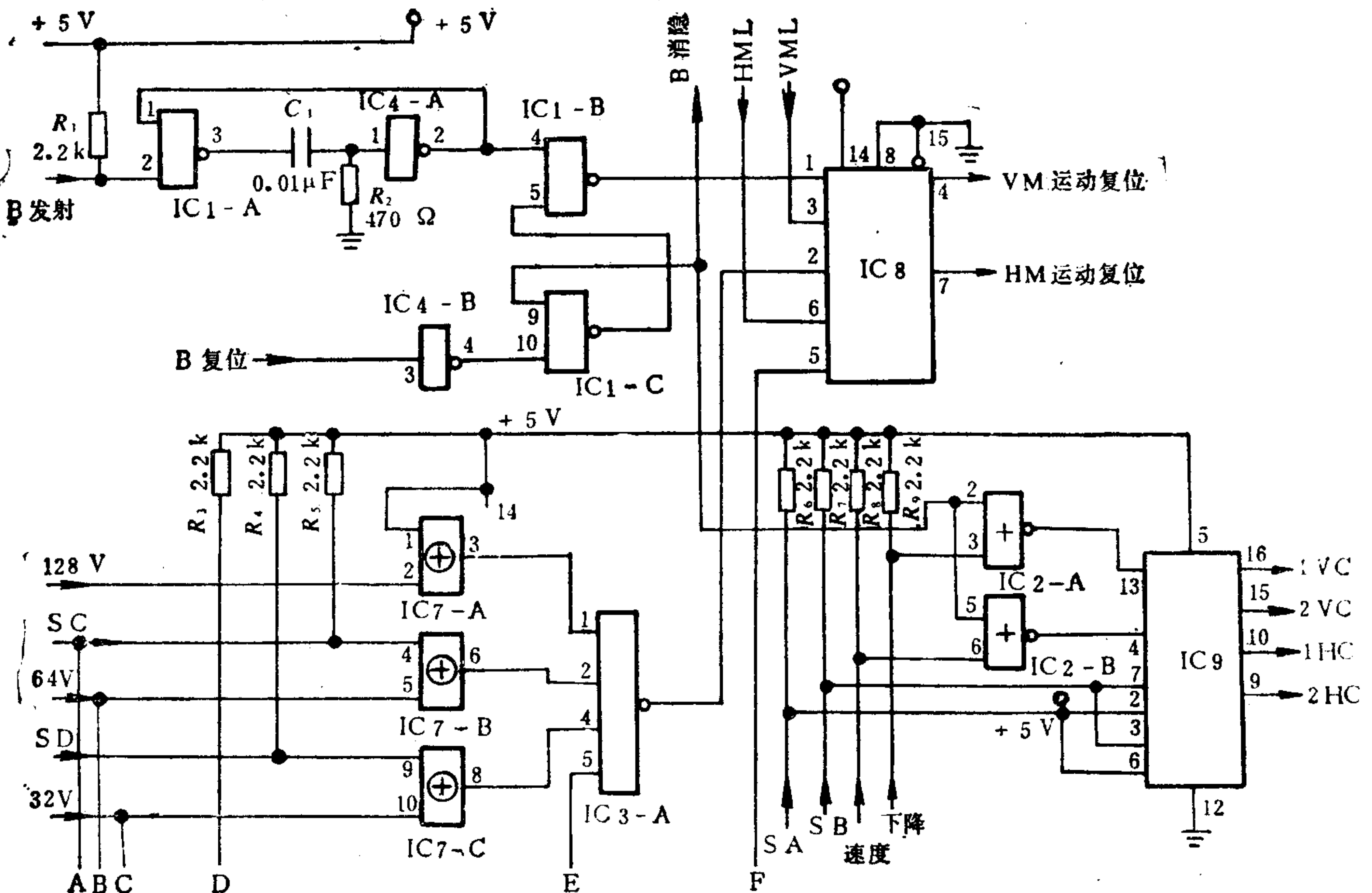


图7-7 攻击导弹控制电路板电路图

IC3-A输出决定它的垂直位置；IC4-F输出决定它的水平位置。

当导弹射出后，IC1-B的输出变到逻辑1。滑动计数器的垂直和水平输入信号来自$\overline{VML}$和$\overline{HML}$。这样，图形就自由越过屏幕，其方向和速度由滑动计数器的VC和HC信号决定。

游戏者A仅有两个较低位的水平和垂直控制信号。电路的关键在于四D锁存器IC9。只要攻击导弹处在复位状态，游戏者按下**速度**或**下降速度输入**按钮，把开关SA和SB的数据输进锁存器。

例如，按下**速度**按钮，将SA和SB的逻辑电平送到IC9，并通过锁存器送给1HC和2HC输出端，松开**速度**按钮后，IC2-B的输出下降到逻辑0。2位数据便被锁定。

另一方面，按下**下降**按钮，将SA和SB的逻辑电平送进IC9和到1VC和2VC的输出端，游戏者B松开**下降**按钮时，这个数据也被锁定。

当攻击导弹射出时，整个锁定电路固定在存储状态。发射导弹把逻辑1电平送到IC2-A的2脚和IC2-B的5脚，使锁存器的两半进入存储状态并使速度和下降控制开关失去作用。

发射导弹以后，它以IC9、1VC和2VC输出的数据所决定的速度下落。其水平飞行速度，由同一锁定电路的1HC和2HC确定。攻击导弹的初始高度则由开关SC到SE的位置定好。

图7-7的大部分电路用于控制攻击导弹的运行。它还有两个其它的电路。

IC6确定目标图象的位置和大小，而IC5决定攻击导弹的位置和大小。

从这两个8输入与非门输出的信息在IC2-D中有效地与在一起，用于检测目标图象和攻击导弹图象是否接触。

图7-8的电路主要用于检测图象的接触和采取适当的行动。例如，IC1-A限定屏幕的右边界而IC1-B限定底边界。这两个边界参数在IC3-A结合，给攻击导弹产生高电平（不反相的）边界。这三个IC均包含在图7-5（c）的边界逻辑方块里。

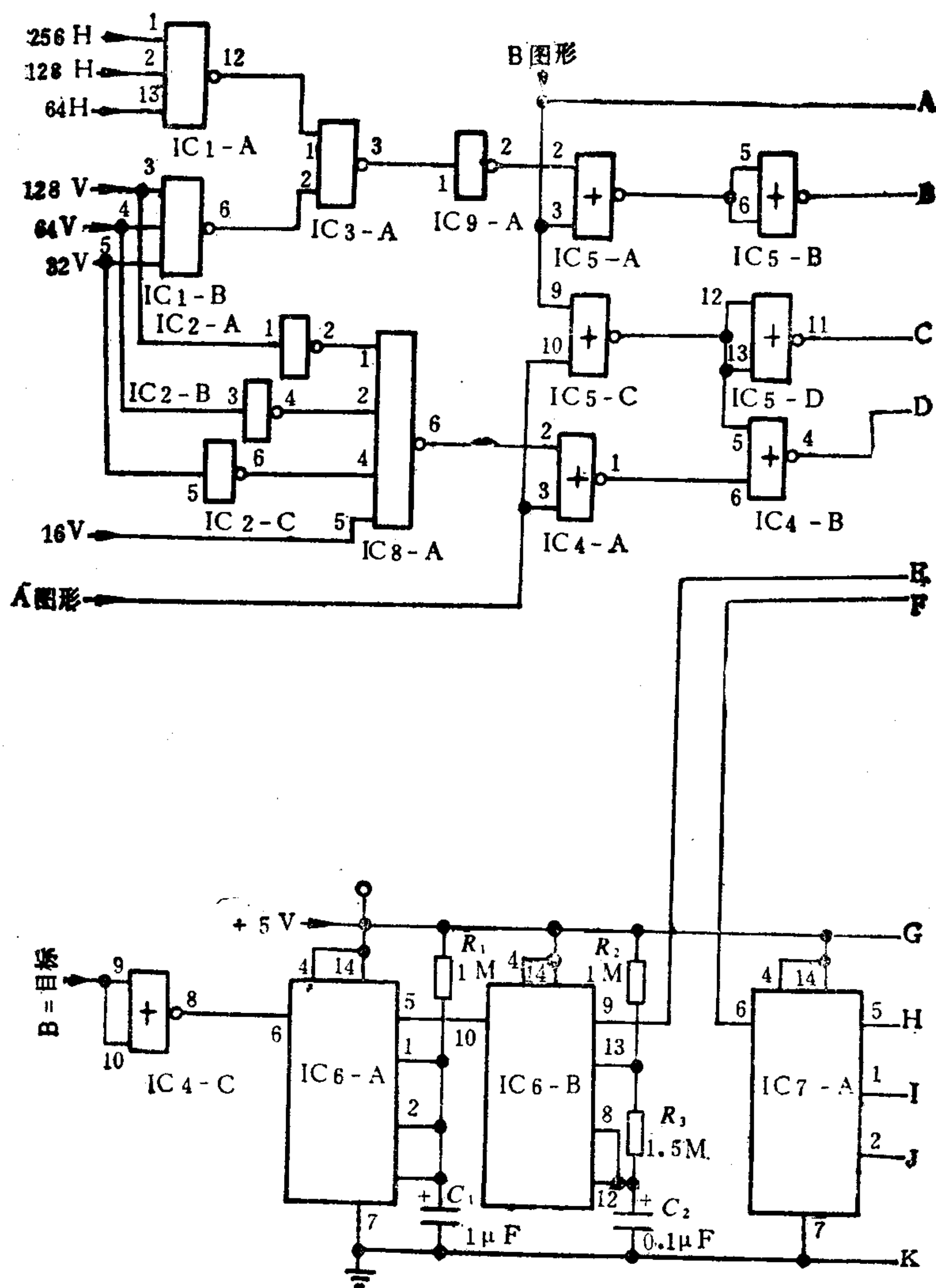
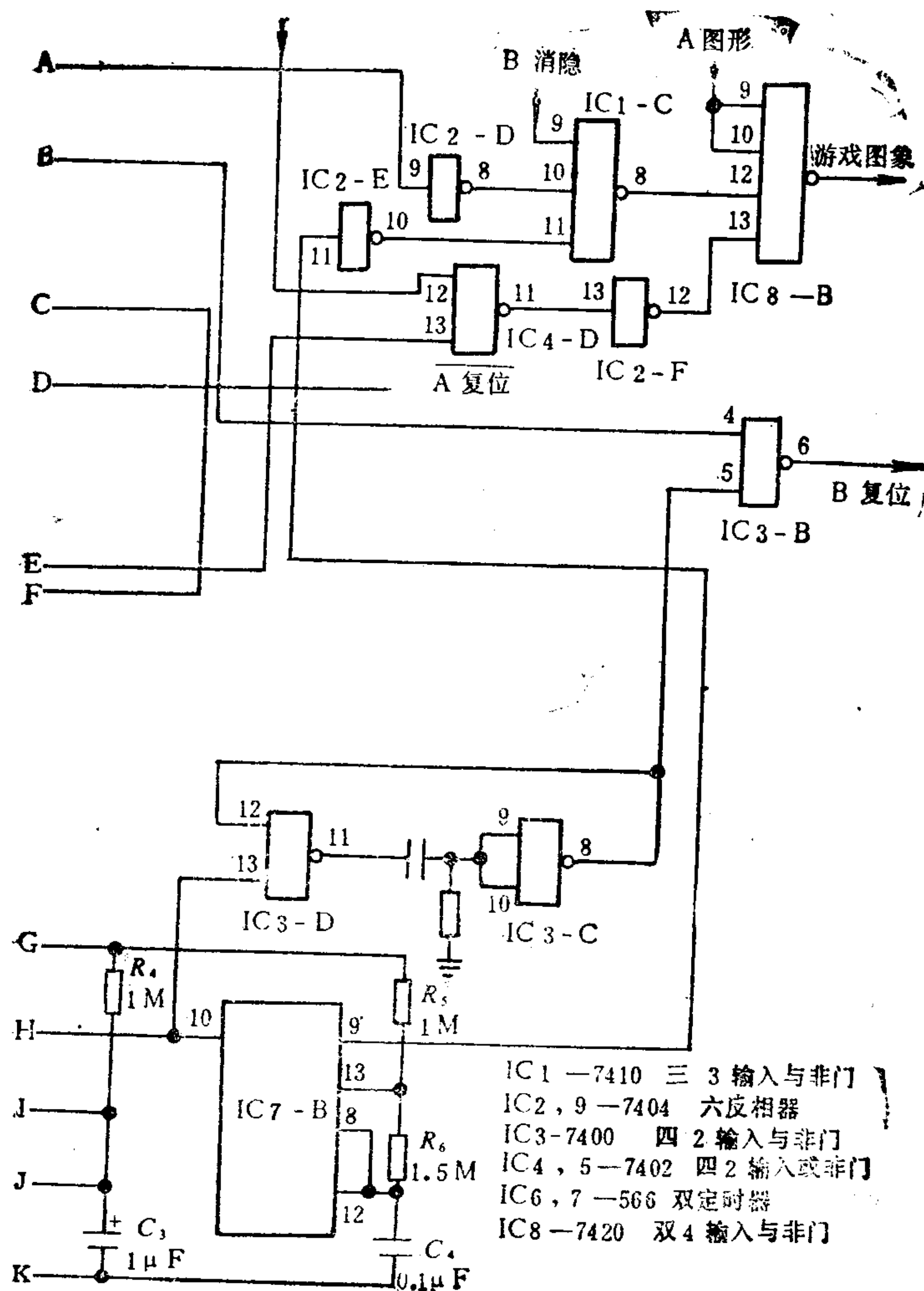
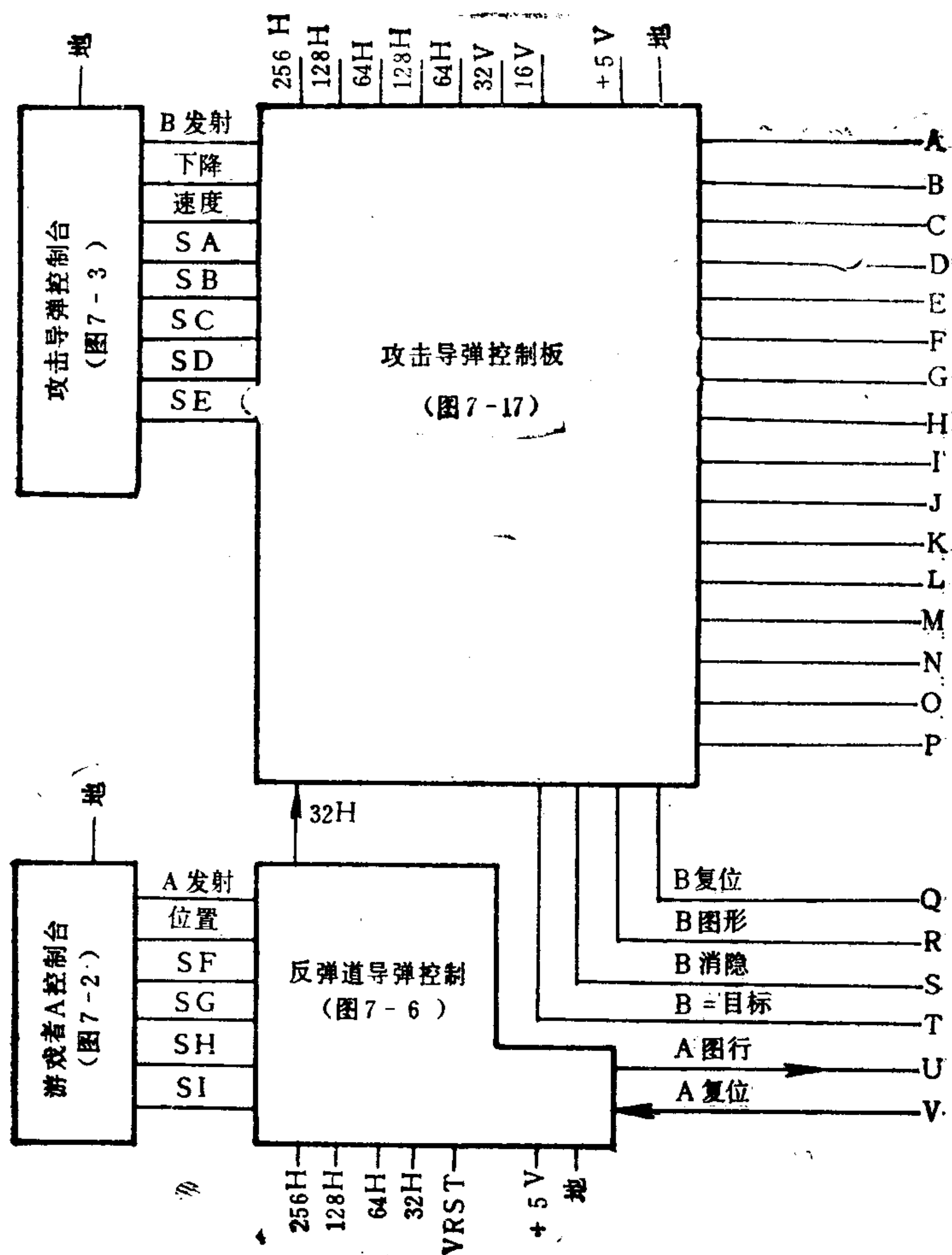

256 H
128 H
64H
IC1-A
128 V
64V
32V
IC1-B
IC2-A
IC2-B
IC2-C
16V
A图形
IC3-A
IC9-A
B图形
IC8-A
IC5-A
IC5-B
IC5-C
IC5-D
IC4-A
IC4-B
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
+5V
B=目标
IC4-C
IC6-A
IC6-B
IC7-A
R1
1M
R2
1M
R3
1.5M
C1
1μF
C2
0.1μF

图7-8 游戏逻辑

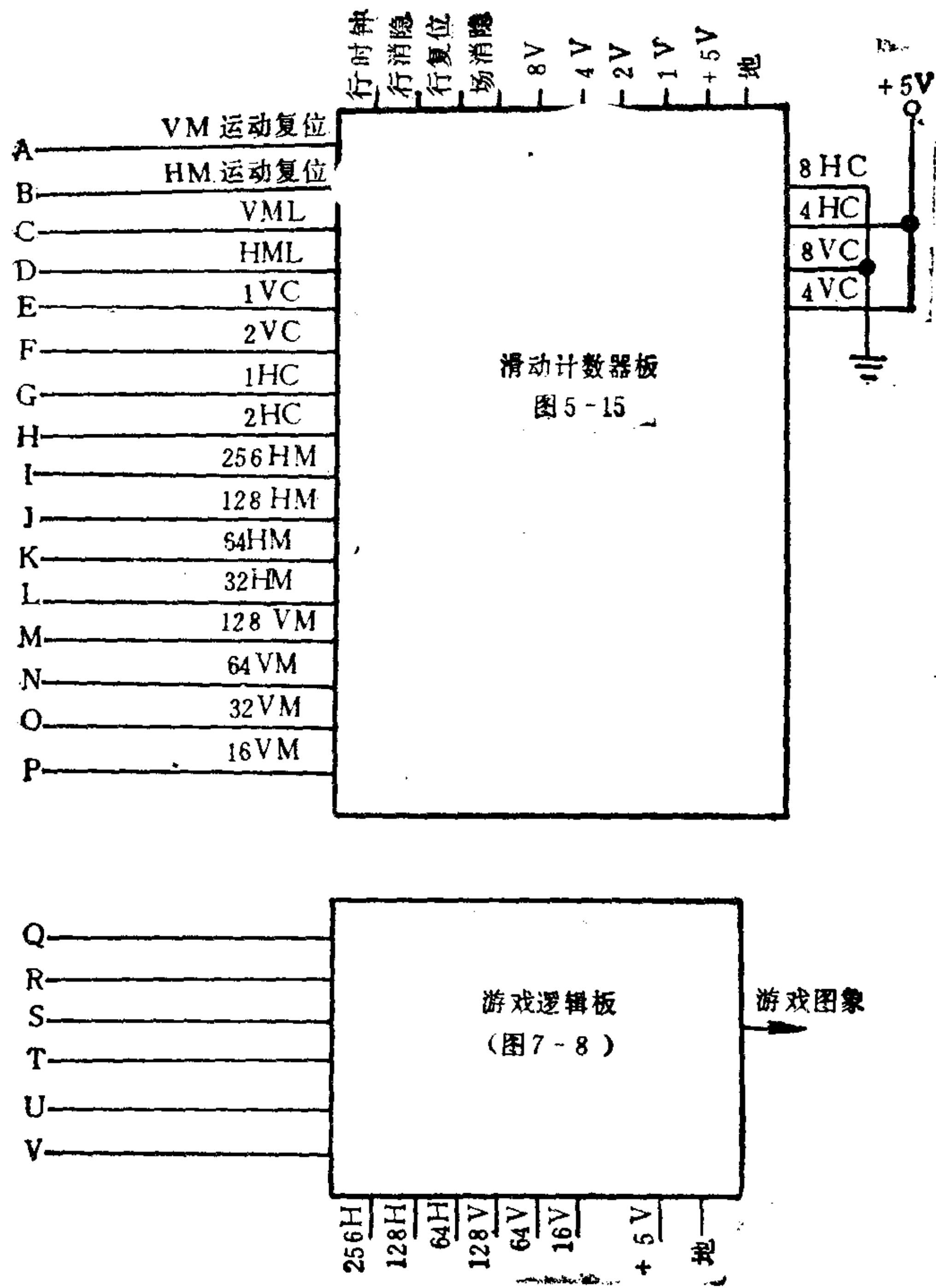

A
B
C
D
E
F
B 消隐
A 图形
IC 2 - D
IC 2 - E
IC 1 - C
IC 8 —B
游戏图象
IC 4 - D
IC 2 - F
A 复位
IC 3 - B
B 复位
IC 3 - D
IC 3 - C
G
H
J
J
K
R4 1 M
R5 1 M
R6 1.5 M
C3 1 μ F
C4 0.1μ F
IC 7 - B
IC 1 —7410 三 3 输入与非门
IC 2，9 —7404 六反相器
IC 3 - 7400 四 2 输入与非门
IC 4，5 —7402 四 2 输入或非门
IC 6，7 —566 双定时器
IC 8 —7420 双 4 输入与非门

电路板电路图



地
攻击导弹控制台
(图7－3)
B发射
下降
速度
SA
SB
SC
SD
SE
256H
128H
64H
128H
64H
32V
16V
+5V
地
攻击导弹控制板
(图7－17)
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
32H
地
游戏者A控制台
(图7－2)
A发射
位置
SF
SG
SH
SI
反弹道导弹控制
(图7－6)
B复位
B图形
B消隐
B＝目标
A图行
A复位
Q
R
S
T
U
V
256H
128H
64H
32H
VRST
+5V
地

图7-9　导弹攻击


行时钟
行消隐
行复位
场消隐
8V
4V
2V
1V
+5V
地
+5V
VM运动复位
HM运动复位
VML
HML
1VC
2VC
1HC
2HC
256HM
128HM
64HM
32HM
128VM
64VM
32VM
16VM
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
8HC
4HC
8VC
4VC
滑动计数器板
图5-15
Q
R
S
T
U
V
游戏逻辑板
（图7-8）
游戏图象
256H
128H
64H
128V
64V
16V
+5V
地

游戏Ⅱ的接线图

IC8A确定反弹道导弹在屏幕顶端的边界，IC8的低电平反相输出和A FIG信号的反相形式在IC4-A中组合，用以检测反弹道导弹和屏幕顶线之间的接触情况。

IC5-A和IC5-C分别检测攻击导弹和屏幕边界以及它和反弹道导弹之间的接触。如果攻击导弹和屏幕边界之间有接触，IC5-A的输出就变到1，最后通过IC3-B作为攻击导弹复位脉冲。

另一方面，如果两个导弹之间接触，IC5-C的输出就变到逻辑1。这个信号被IC5-D反相后，加到闪光定时器IC7-A的触发输入端，它的输出使导弹闪光电路IC7-B工作。IC7-B产生的脉冲经IC2-E反相后加到攻击导弹逻辑电路IC1-C。当闪光时间结束时，IC7-A第5脚输出的定时负脉冲经过整形，作为两个攻击导弹复位脉冲之一加到IC3-B。

攻击导弹与目标之间的接触，由图7-7的IC2-D进行检测。这个脉冲被图7-8中的IC4-C反相后用于启动目标闪光定时器IC6-A。IC6-B的闪光输出在IC4-D调制来自目标的目标图象，反相后与IC8-B的两个导弹的图象信息或在一起。

完整的滑动计数器板是游戏系统的主要部分，如图7-9的方框连线图所示。它在介绍图5-15电路时已经进行了介绍。图7-9仅仅告诉我们滑动计数器板怎样与刚才介绍的三块游戏板连接。

仔细注意图7-9 8HC、4HC和4VC与滑动计数器板的连接，保证攻击导弹总是朝规定的大方向运动。

结构和装配

这部分介绍的每块电路都可装在100乘100毫米的印制板上，用印制板插座进行连接。

辅助母板上的插头用于连接信号源盒和游戏电路。

滑动计数器板应使用信号源盒中游戏A5伏电源。其它三块板使用游戏B5伏电源。

两个控制台可以装在凸出的小铝盒上。

鱼雷攻击游戏

这里向读者介绍一个双人玩的战争游戏。一个游戏者控制攻击军舰（AC）的运动，其目的是将鱼雷射向屏幕右下角的目标。这种游戏和刚才介绍的攻击导弹游戏不同，侵略者在发射鱼雷期间，完全可以控制自己的军舰。

第二个游戏者的目的是通过向侵略者的攻击军舰发射防御鱼雷（DT）保护目标。四个防御鱼雷的水平位置在屏幕上已经固定，（DT）游戏者每次只发射一个鱼雷，然而发射的顺序和次数可以是任意的。

鱼雷攻击游戏的真正特点是第一个使用了我们在第六章简要介绍过的跟随特性。攻击军舰用跟随的方式运载攻击鱼雷。当侵略者按下**开火**按钮发射鱼雷时，攻击鱼雷就沿着此时攻击军舰正遵循的路径自由地运动。攻击军舰游戏者必须直接对着目标发射鱼雷，在军舰与目标相撞以前，把军舰从目标移开。射出的鱼雷沿着原来的路径飞向目标。

防守方的游戏者可用防御鱼雷摧毁军舰，但在攻击鱼雷射出后，防御鱼雷就不能摧毁攻击鱼雷。

图7-10（c）表示在任一给定的时刻可以在屏幕上呈现的四个不同的图象：DT（防御鱼雷）、AC（攻击军舰）、AT（攻击鱼雷）和目标。

防御鱼雷可以沿图中点划线所示路线在任何时刻发射。攻击军舰可以在观察的范围内朝任何方向和以任意速度运动。舰上载着鱼雷直到它发射为止。攻击军舰可以自由地通过屏幕的左右两边，但是如果它碰到顶线和底线就被撞毁。图 7-10（c）中的点

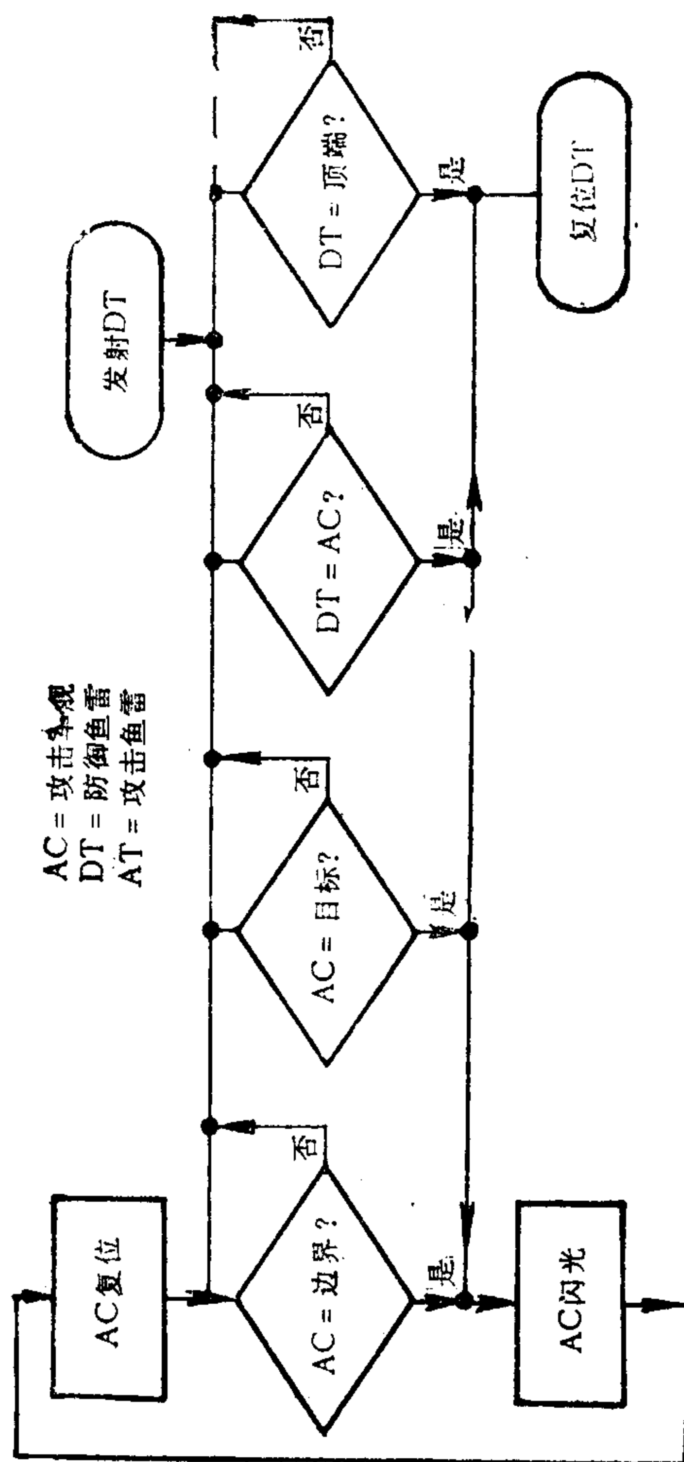
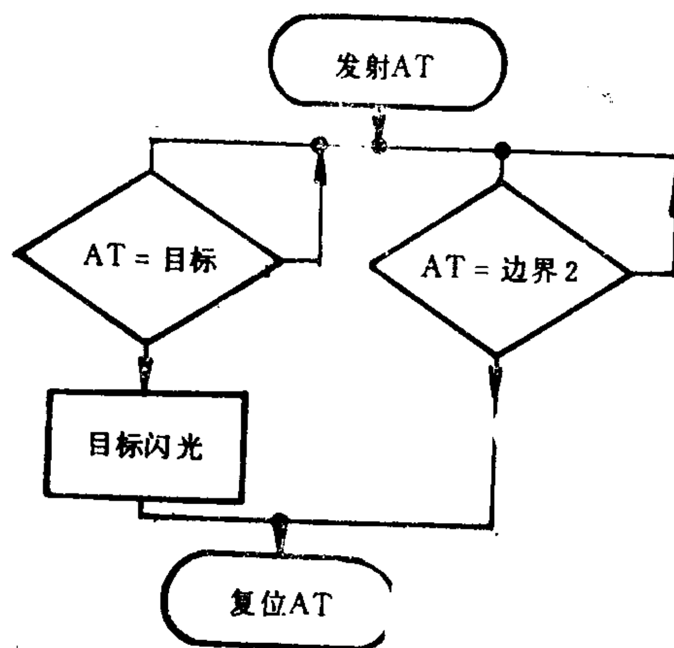


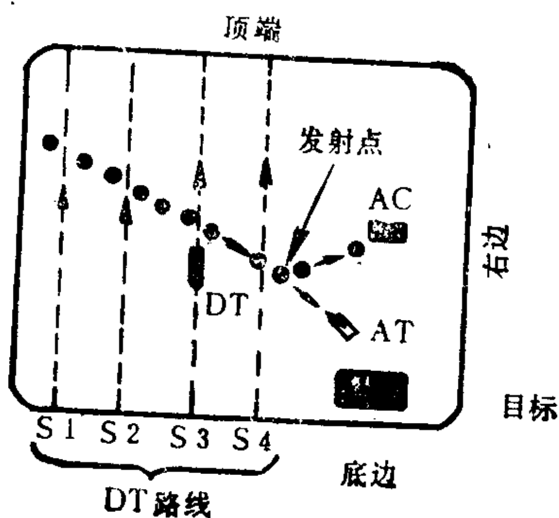
图7-10 鱼雷攻击的

（a）防御鱼雷和攻击军舰流程图 （b）攻击军舰流程图



（b）

边界 1 = 顶端和底边
边界 2 = 边界 1 和右边



（c）

流程图和限定范围

（c）出现在屏幕上的游戏（为了清楚将黑和白色颠倒了）

划线表示一个具体的军舰攻击路线。

除了产生复位情况以外，侵略者可以完全控制攻击军舰。根据图7-10(a)的流程图，当AC=**边界**1，AC=**目标**或DT=AC时，攻击军舰被自动复位（摧毁）。用通俗的话来说，DT=AC就是防御鱼雷击中了攻击军舰，防卫游戏者得分。

AC=**目标**就是攻击军舰与目标图象相撞，根据攻击鱼雷是否还在攻击军舰甲板上来决定防卫游戏者得分或平局。如果攻击军舰与目标相撞时，鱼雷仍归在军舰上，目标和攻击军舰都被毁灭，结果是平局。如果攻击军舰与目标相撞时，鱼雷已经发出，这时攻击军舰被摧毁，防卫游戏者得分。

AC=**边界**1表示侵略者在屏幕上把攻击军舰操纵得太高或太低，攻击军舰必须保持在屏幕的顶线与底线之间。当它碰到这两条边界中的任一条时，就被摧毁，防卫游戏者因敌人失误得分。

根据图7-10（a）的流程图，当攻击军舰被防御鱼雷击中，碰到屏幕的顶线或底线，或者与目标相撞，攻击军舰都要闪烁，然后复位到初始的位置。顺便说一句，攻击军舰复位后的位置在屏幕的左边，大约在顶线和底线之间的中部。攻击游戏者不能对复位位置和定时进行控制。

假设防卫游戏者发射一枚防御鱼雷，射出以后，它以相当快的速度向上运动直到产生下述情况之一。DT击中攻击军舰（DT=AC）或者DT图象碰到屏幕顶线（DT=**顶线**）。在这两种情况下，DT图象都会立即复位，防卫游戏者准备好发射另一枚鱼雷。

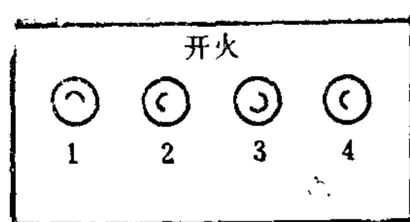
图7-10（b）是攻击鱼雷的流程图。侵略者发射鱼雷以后，也会发生下述两种情况之一。攻击鱼雷可能击中目标（AT=**目标**）引起目标闪光，然后又回到攻击军舰上。另一种情况是没有击中目标，鱼雷运动碰屏幕顶线、底线或右边线。这三条边线用**边界**2表示，它们限制攻击鱼雷的行动范围。鱼雷碰到任一边界都会立即复位并回到攻击军舰上，此时游戏者双方都不得分。

鱼雷攻击游戏控制台

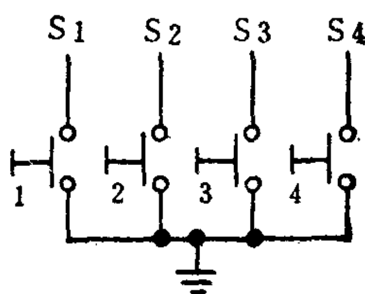
图7-11表示鱼雷攻击游戏两个控制台的总布置图。操纵DT防御鱼雷的游戏者用的控制台由四个按钮开关1—4组成。它们用来发射防御鱼雷，数字表示四个鱼雷，其相对位置，如图7-10（c）所表示。

防卫游戏者可以在任何时刻，以任意顺序发射四枚鱼雷中的任何一枚鱼雷，但是射出的鱼雷必须完成它的任务（击中屏幕顶线或攻击军舰）以后，才能发射下一枚鱼雷。

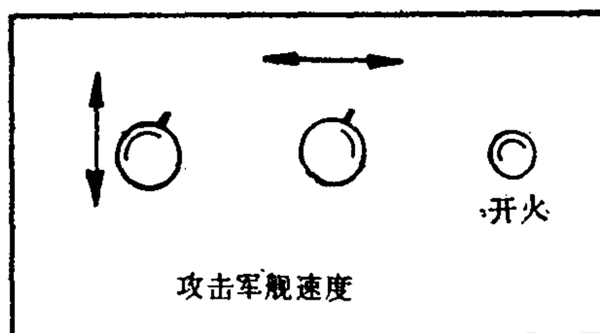
图7-11（b）是攻击游戏者的控制台。它包括操纵攻击军舰的一对控制器和一个发射鱼雷的**开火**按钮。攻击游戏者可以按照控制台上箭头指示的方向控制军舰的运动。一个动脑筋的游戏者可能想出用一个二维操纵杆来代替两个AC运动控制器。这样就会使控制和开火的操作方便多了。



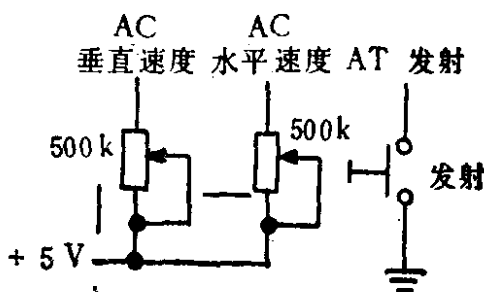
防御鱼雷（DT）发射台



（a）



攻击军舰(AC)速度控制器和攻击鱼雷发射台



（b）

图 7-11 鱼雷攻击控制台
（a）防御鱼雷控制台和电路
（b）攻击系统控制台和电路图

速度和方向的电位器控制

本书前面已介绍的所有滑动计数器的速度和方向控制都要求输入一个决定运动方向和速度的4位二进制码。例如，导弹攻击游戏Ⅱ中游戏者通过一组开关输入运动数据，控制攻击导弹路

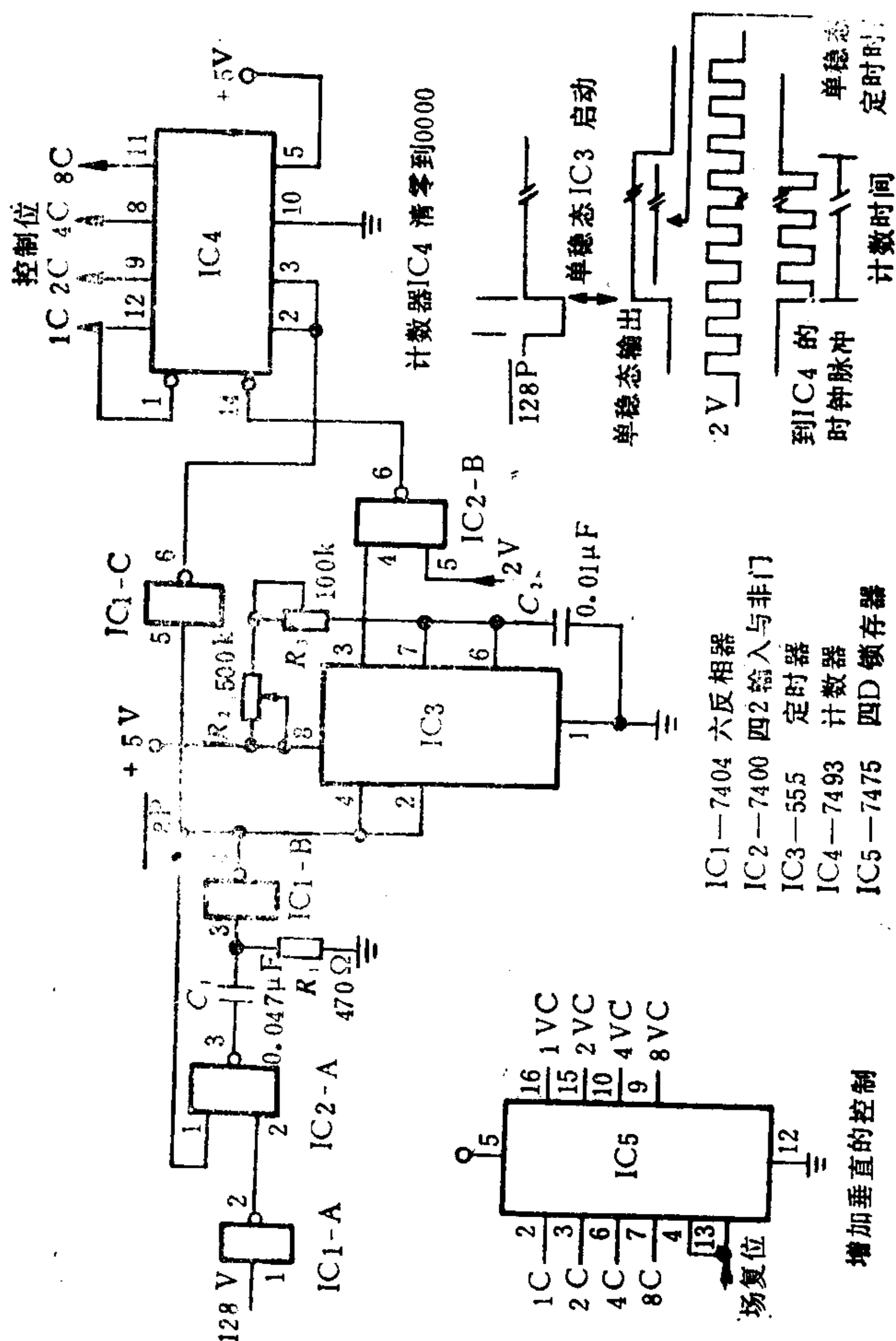


图7-12 用电位器控制速度和方向的电路

径，这种情况下的控制输入完全是数字的。

然而，数字的速度和方向控制并不总是最合适的，通常调节电位器来控制图形的运动更方便更真实。

图7-12是一个把数字运动控制转换成模拟运动控制的简单电路。实质上，这个电路把电位器的位置转变成一个控制滑动计数器计数长度的4位二进制数．游戏者转动可变电阻R_2的轴来控制图形的速度和方向．

这种基本的A/D（模-数）转换器包括一个4位二进制计数器（IC4），一个输出定时时间可调的单稳态多谐振流器(IC3)，一个时钟脉冲电路（IC2-B）和一个同步脉冲发生器（IC2-A和IC1-B）。它的输入是信号源板的128V计数脉冲，信号源板的2V计数信号和主要的控制电阻R_2。输出是决定图形在屏幕上运动方向和速度的4位二进制码，4位输出是确定滑动计数器计数长度所要求的。

游戏者要控制水平和垂直运动就需要两个这样的电路。水平控制包括图7-12上的主要电路元件。为了用电位器控制垂直运动，电路还必须加入图7-12附加部分所示的集成电路IC5。

图7-12的波形说明电路的工作情况。当128V从逻辑0变到1时（在屏幕的中间附近），脉冲发生器（IC2-A和IC1-B）产生一负脉冲，它在本书后面将用$\overline{128P}$符号代表。

单稳态多谐振荡器是这样工作的：它的输出定时时间从$\overline{128P}$脉冲后沿开始，请看图7-12的第二个波形。单稳态电路第3脚输出置于逻辑1，IC2-B第5脚的脉冲2V允许通过IC2-B输入计数器电路IC4的时钟端，计数器以2V的速率增加直到定时时间结束．

当定时时间结束时，计数器保持它最后输出的4位计数码，直到下一个$\overline{128P}$脉冲到来。$\overline{128P}$脉冲先把计数器清零．使下一次计数周期从零开始。

单稳态多谐振荡器的定时时间由R_2，R_3，和C_3的值决定，

通常控制电位器调到使计数达到5和15之间。这是送给滑动计数器作方向和速度控制用的输入二进制数码一般的工作范围。

我们假设游戏者要使图象在屏幕上停止运动，他要做的工作

跟随控制板

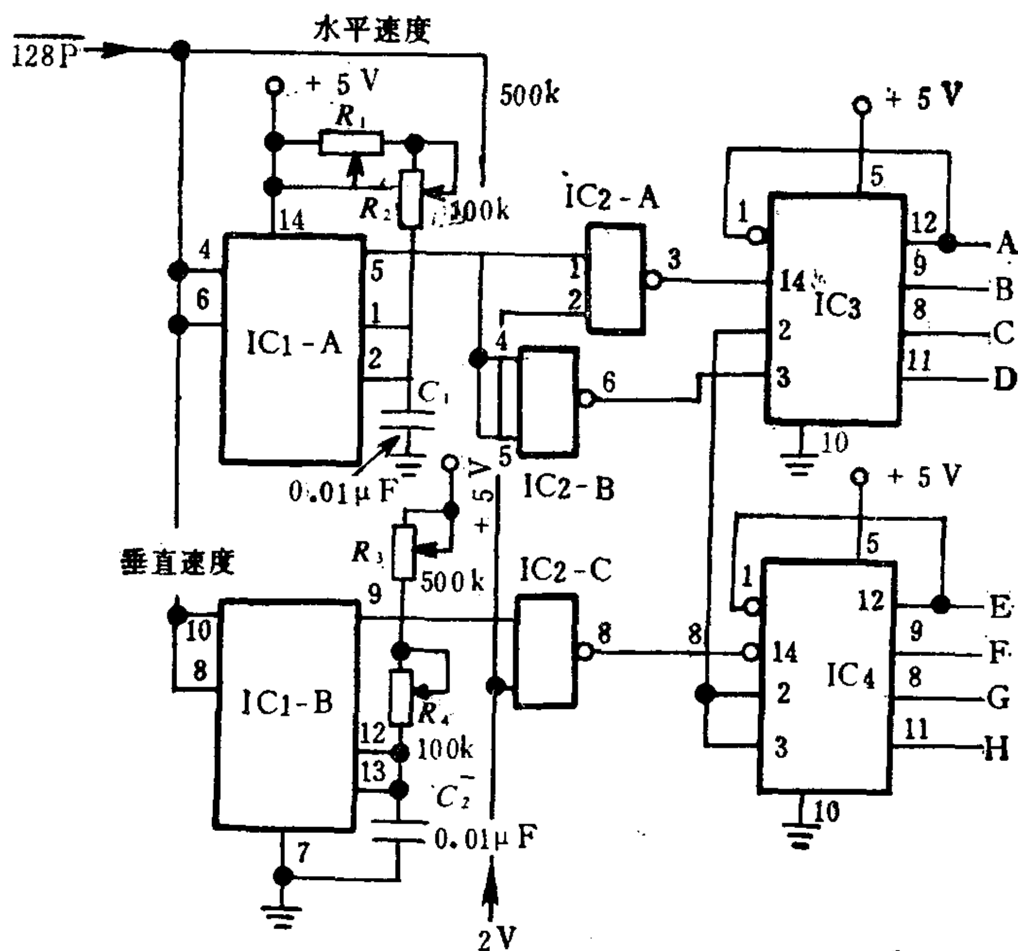
注：

控制器R1和R3通常不放在同一控制板上（如图7-10b的例子）。跨接线易于去掉，用于其它游戏

跨接线

= +5V

= 地



IC1—556 双定时器

IC2—7400 四2输入与非门

IC3，4—7493 4位计数器

IC5，6，7—7475 四D寄存器

IC8，9—74157 四2选1数据选择器

是调整R_2的值使计数器在单稳态的定时时间增加到等效于9的二进制数码（停止码）。当$\overline{128P}$脉冲出现时，计数器清零，然后

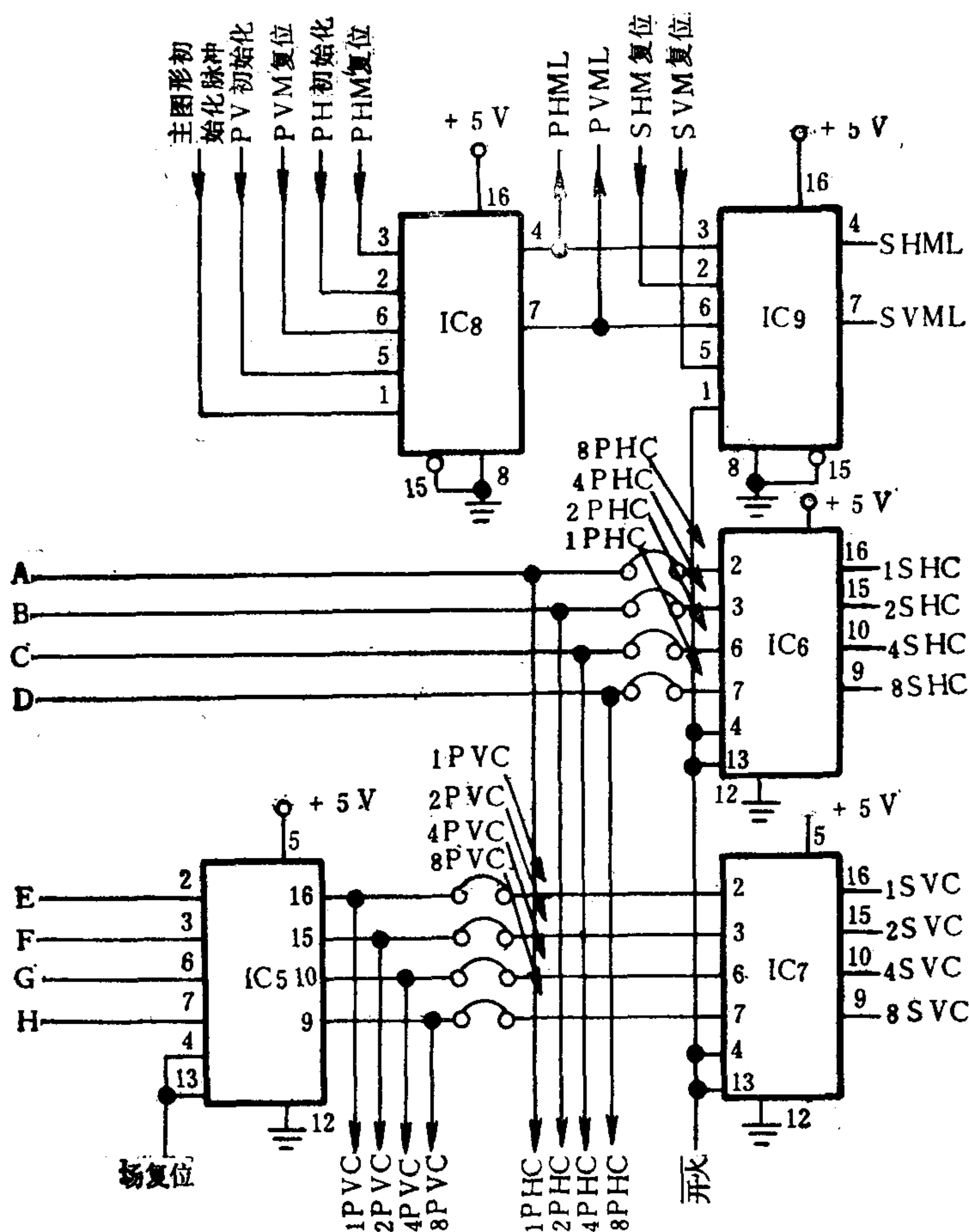


图 7-13 完整的跟随控制电路板电路图

允许它以2V的速率计数直到定时时间结束。为了停止图象的运动，计数周期应以计数器出现1001（十进制9）结束。

计数器保持这个数码直到$\overline{128P}$脉冲再次出现。如果游戏者

没有改变控制器的位置，计数器又重复从0计数到9。

如果游戏者希望图象以较快的速度向右运动，他就要调整控制器使单稳态的输出定时时间减少，足以使计数器在0101（十进制5）的数字上停止计数。

另一方面，如果游戏者要把图象向左运动，他就要调整 R_2 使IC3稍微加长定时时间，让计数器计数到1101（十进制13）。

回想一下水平滑动计数器在场消隐期间对速度和方向数码取样情形。在场消隐以前，这个电路已建立4位输出，在消隐期间保持这些数字，一直到 $\overline{128V}$ 结束。

垂直滑动计数器继续从它的4位控制输入采集信号。因为图7-12中IC4的输出在计数上花费一些时间，它在屏幕上产生一些不希望的和混乱的垂直运动现象。当IC4的输出和垂直滑动计数电路连接时，有必要将IC4的输出送入暂时记忆电路，图7-12插图上的IC5就是完成这种功能的四锁存器。

IC4的输出与控制垂直运动的IC5相应的输入连接。通常锁存器处于记忆状态，在计数器计数时，保持4个VC稳定的输出，该输出在**场复位**脉冲出现时，进行更新。

图7-12上的调整电位器 R_3 用于调整主控制电位器的控制范围。首先把主控制器 R_2 置于一个极端的位置，调整 R_3，使图象在这个方向获得所希望的最大速度。然后把 R_2 置于相反的另一个极端，再调整 R_3 获得所希望的最大速度。R_2 在这两个极端之间来回，逐渐找出最有用的控制范围。

主控制器 R_2，一般装在外面的一个控制台上，调整电位器则装在电路板上。

图7-13包括两个运动控制电路，一个控制攻击军舰的水平运动；另一个控制攻击军舰的垂直运动。两个单稳态多谐振荡器IC1-A和IC1-B共用相同的 $\overline{128P}$ 输入信号，R_1 控制水平运动，R_3 控制垂直运动。我们还要注意到锁存器电路IC5跟着垂直速度计数器IC4。

上述电位器控制的运动接口电路是鱼雷攻击游戏中攻击军舰控制器的一个组成部分，它在本书的其它游戏系统中多次使用。

完整的随跟运动控制系统

在鱼雷攻击游戏中，攻击军舰载着攻击鱼雷，直到侵略者朝目标射出它。第六章已经对跟随的过程做了一般性的介绍，而现在我们将更详细地介绍这个系统。

图7-13的电路图表示系统的跟随控制部分。我们还将说明它和一对滑动计数器控制板的连接方法。一块用于控制主图形（攻击军舰），另一块控制从属图形（攻击鱼雷）请看图5-15滑动计数器电路。

图7-13的大部分电路是产生速度和方向的二进制数码的一对电位器控制的环节。IC1-A和IC3把R_1的位置转换为表示图形在水平面的速度和方向的4位二进制数码。IC1-B、IC4和IC5把垂直方向上的运动参数也转换成4位二进制数码。

我们应该记住这个电路控制两个独立的滑动计数器板。所有带P记号的输入和输出信号表示与主图形滑动计数器有关，而带S记号的信号与从属图形有关。

假设从属图形（此例中为攻击鱼雷）正跟随着主图形（攻击军舰）。在这一游戏系统中，IC6、IC7和IC9的开火($\overline{FIRE}$)输入是逻辑1，这个逻辑电平将记忆锁存器IC6和IC7置于“读出”状态——它们将输入的任意4位数码的直接送到输出端。换句话说，IC3和IC5的4位数码的任何变化分别在IC6和IC7的输出端立即出现。

IC6和IC7的输出符号意味着它们是从属图形滑动计数器板上的水平和垂直滑动计数器的4位运动控制字。例如，来自IC6的1SHC到8SHC与水平计数器的1HC到8HC控制端相连，而1SVC到8SVC则分别与垂直计数信号1VC到8VC连接。

主图形滑动计数器板的两个4位运动控制字，从IC6和IC7的

前面取出。这种输出用1PVC到8PVC和1PHC到8PHC标出。

只要$\overline{\textbf{开灭}}$在逻辑1状态，两个运动控制板得到相同的运动控制数码，主图形的任何变化将会传到从属图形上去。

2选1数据选择器IC9也在$\overline{\textbf{开灭}}$信号控制下工作。只要$\overline{\textbf{开灭}}$=1，主图形和从属图形的滑动计数器同步脉冲是相同的，$\overline{PHML}=\overline{SHML}$；$\overline{PVML}=\overline{SVML}$。这样，主图形和从属图形就出现在屏幕的相同的位置上。

只要$\overline{\textbf{开灭}}$=1，游戏者通过控制电位器R_1和R_3可以完全控

1号滑动计数器板（图5-15）

制主图形和从属图形的运动，而且两个图形重叠。不论主图形运动到那里，从属图形总是跟随着。

当$\overline{开火}$置于逻辑0，画面将完全改观。游戏者仍旧能象以前那样完全控制主图形，但是锁存器IC6和IC7处于记忆状态，出现在IC6和IC7输出端的4位运动控制字被固定下来并由$\overline{开火}$从1变到0时所呈现的值决定。

结果是从属图形继续以$\overline{开火}$由1变到0时刻所决定的方向和速度运动，游戏者对它的运动不能进行控制。

在此同时锁存器置于记忆状态时，IC9把从属图形的同步脉冲从主图形的同步脉冲转换为从属图形的脉冲，$\overline{SHMRST}$和$\overline{SVMRST}$。

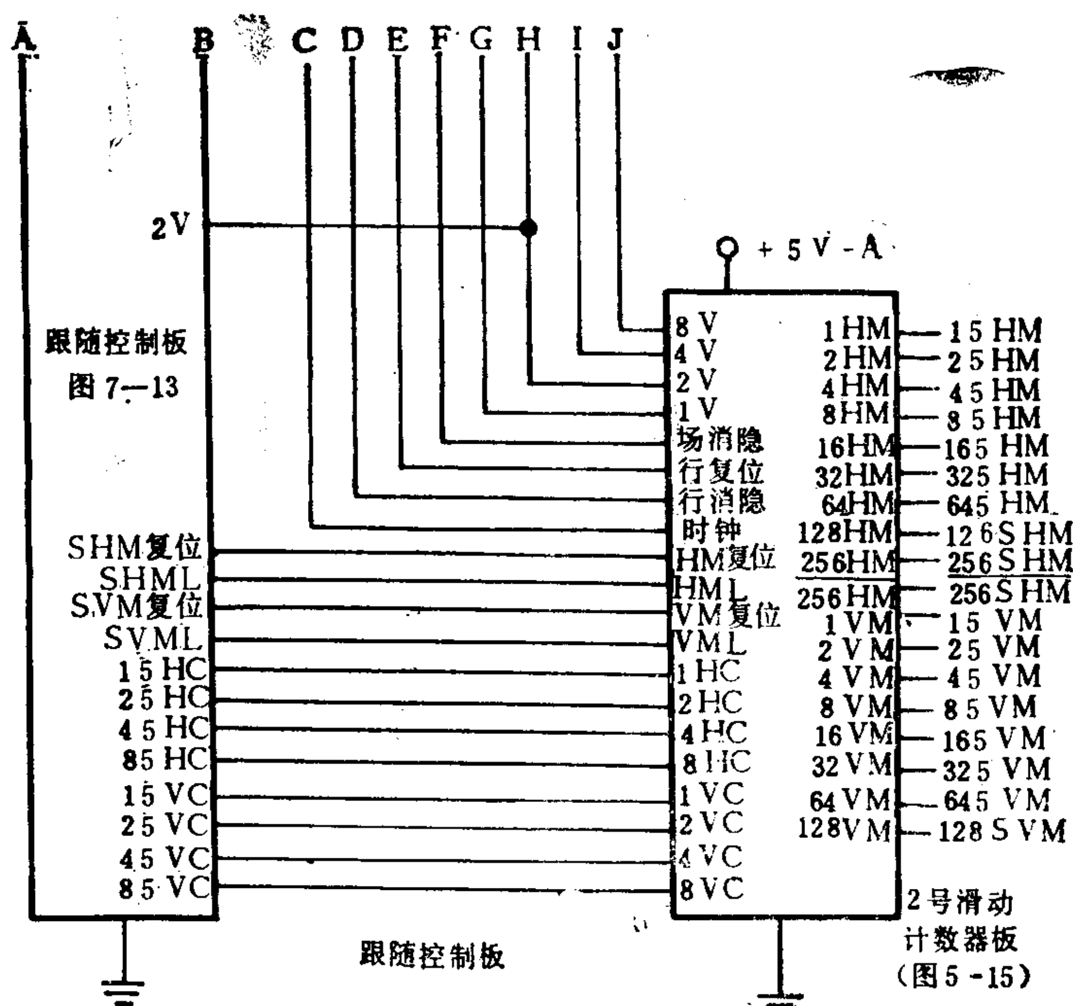
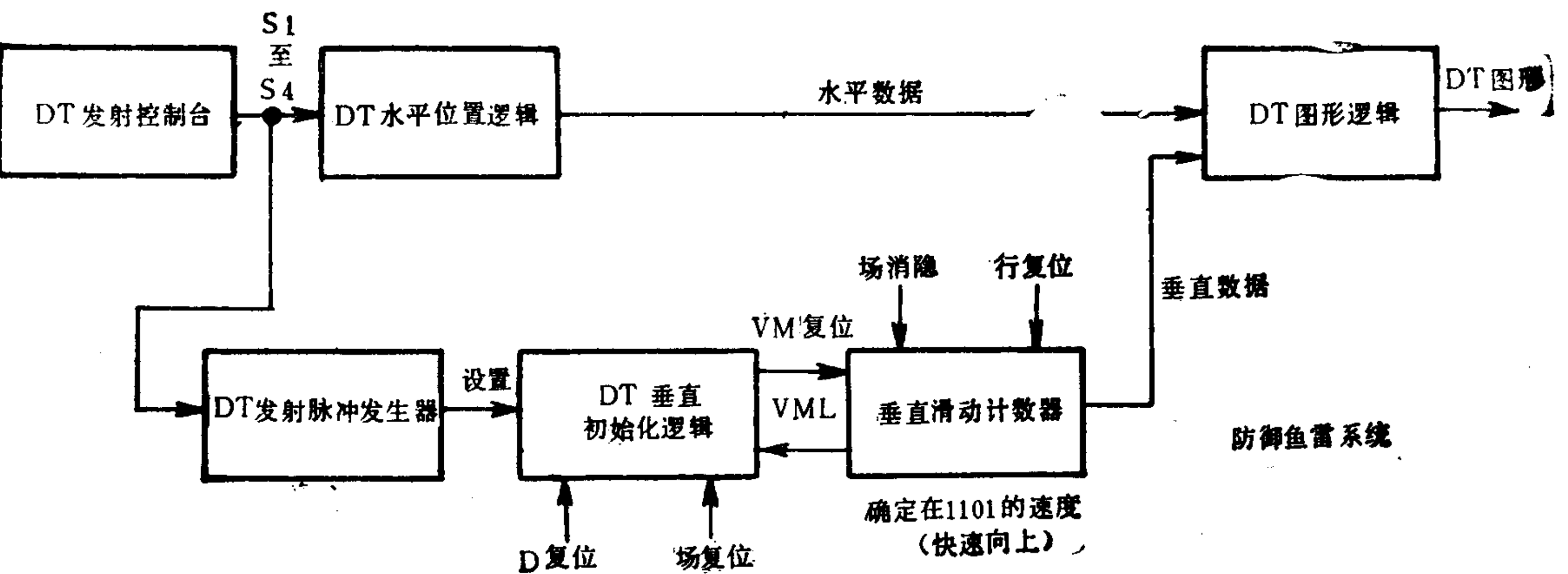
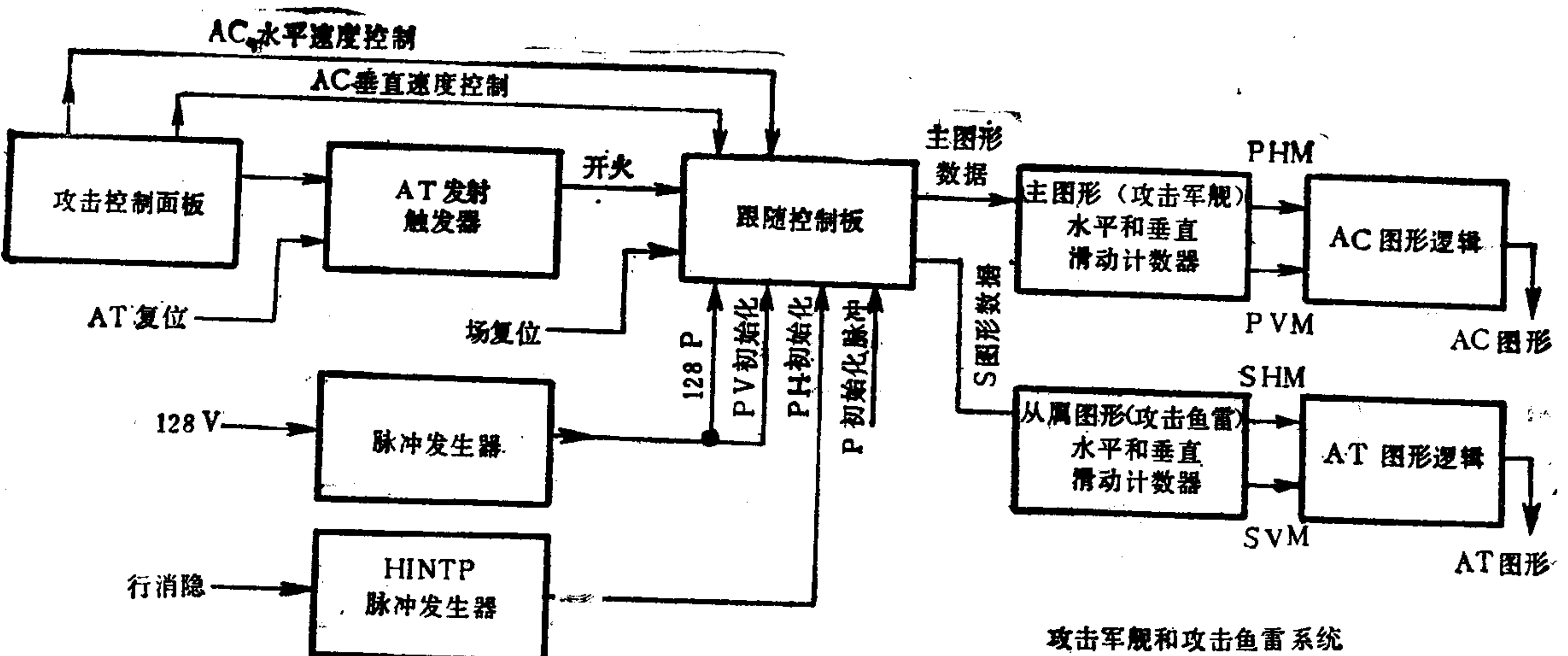


图 7-14 完整的跟随系统的接线图

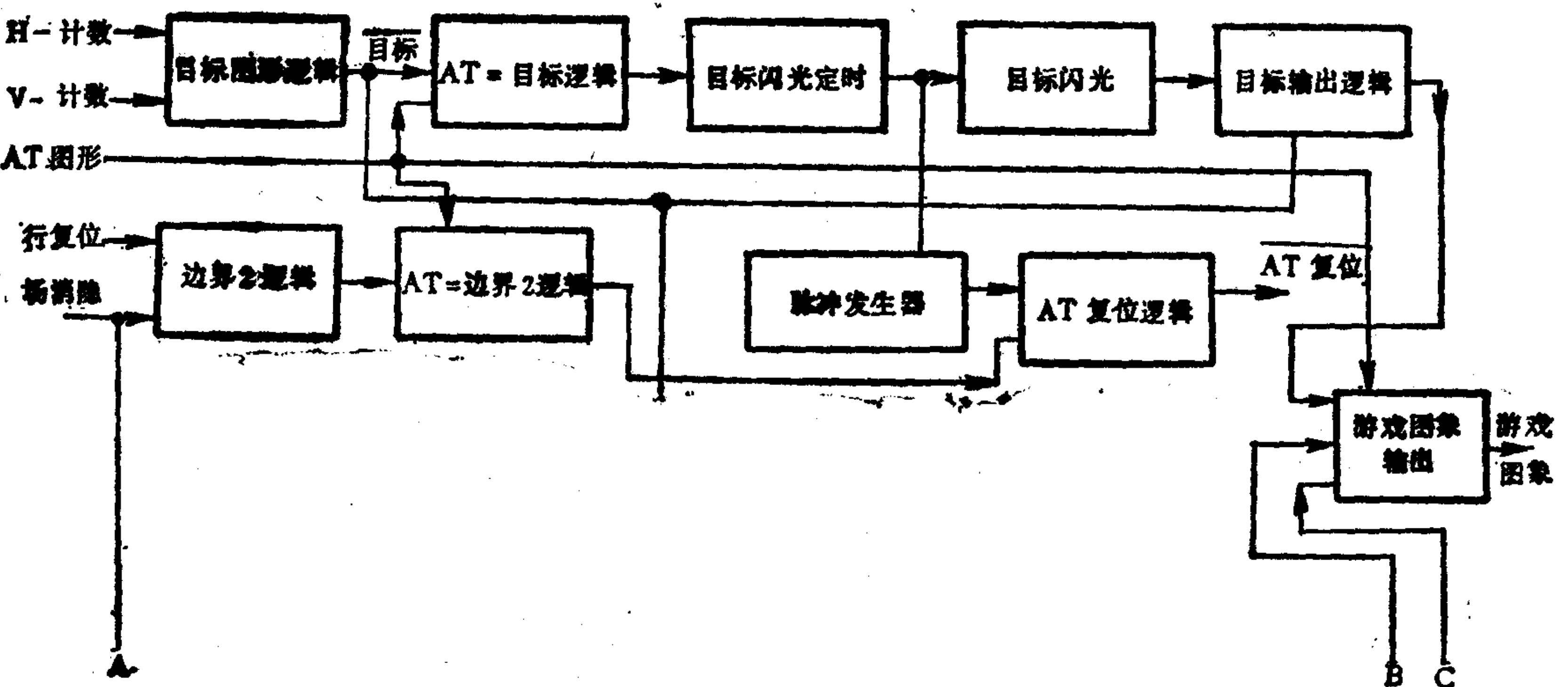

DT 发射控制台
S1
至
S4
DT 水平位置逻辑
水平数据
DT 图形逻辑
DT 图形
DT发射脉冲发生器
设置
DT 垂直
初始化逻辑
VM 复位
VML
场消隐
行复位
垂直滑动计数器
垂直数据
D 复位
场复位
确定在1101的速度
（快速向上）
防御鱼雷系统

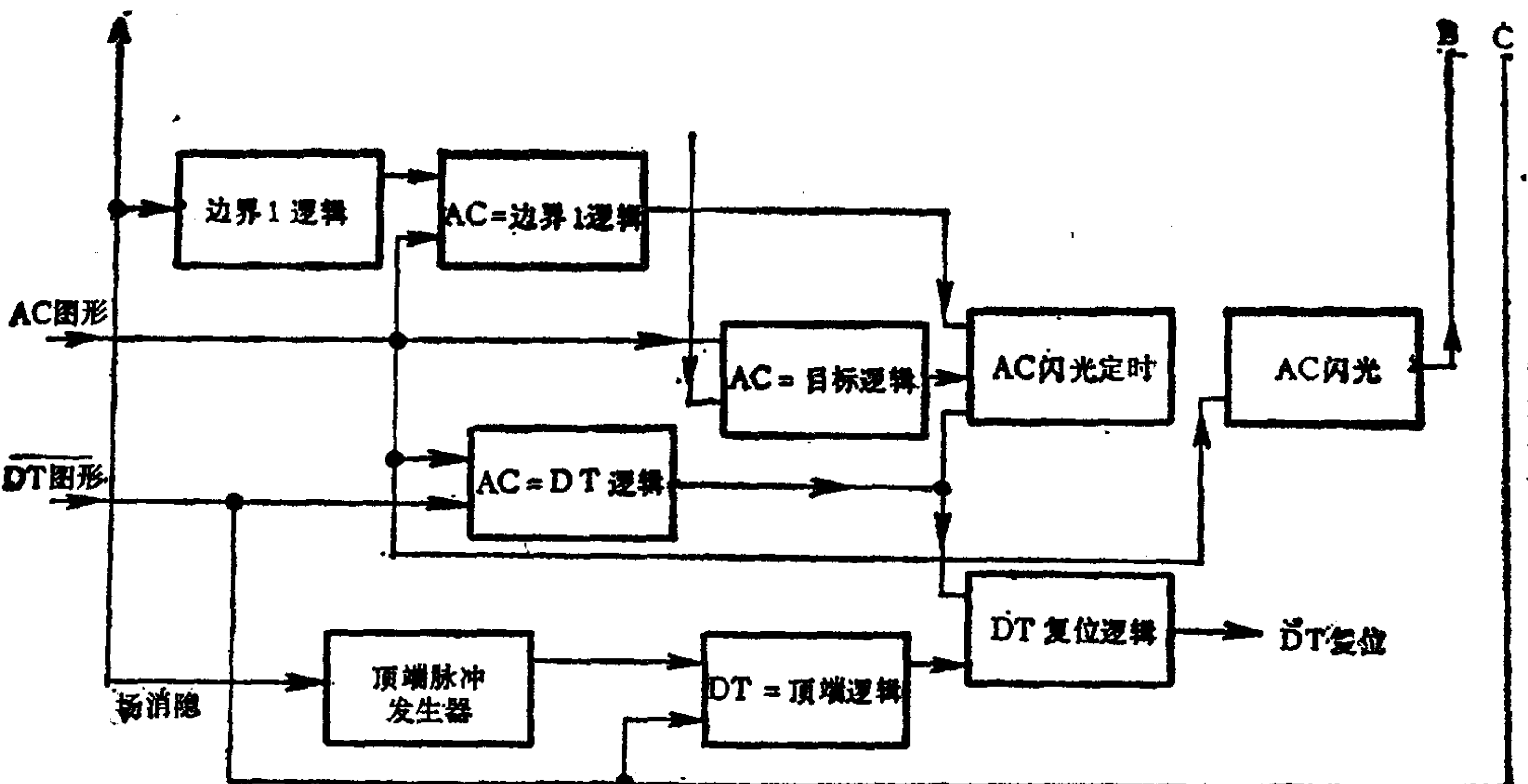
（a）



攻击军舰和攻击鱼雷系统

（b）


H－计数
V－计数
AT图形
行复位
场消隐
目标图形逻辑
目标
AT＝目标逻辑
目标闪光定时
目标闪光
目标输出逻辑
边界2逻辑
AT＝边界2逻辑
脉冲发生器
AT复位逻辑
AT复位
游戏图象输出
游戏图象
A
B
C



(c)

图7-15 鱼雷攻击游戏方框图

(a) 防御鱼雷系统 (b) 攻击军舰和攻击鱼雷系统 (c) 游戏逻辑系统

这样从属图形就在它的一组运动数码和同步脉冲控制下运动，直到$\overline{\text{开火}}$再次处于逻辑1状态。$\overline{\text{开火}}$回到逻辑1时，从属图形立即回到主图形上，按主图形确定的运动数码和同步脉冲运动。

图7-13中的IC8是主图形的初始化控制电路。只要$\overline{\text{PINTP}}$在逻辑0，这个2选1数据选择器电路就直接把初始位置脉冲$\overline{\text{PHINT}}$和$\overline{\text{PVINT}}$送到主图形的复位输入端，使主图形固定在屏幕某一个位置上。只要PINTP为逻辑1，主图形在IC3和IC5的4位数码控制下就自由地运动。

图7-14是一个完整的跟随系统的接线图。跟随控制板在介绍图7-13电路时已进行了介绍。两个滑动计数器相同（图5-15），第1块是给主图形用的，第2块是给从属图形用的。

在任何跟随游戏系统，所有跟随控制板和两个滑动计数器板之间的连线都需要。然而在一个具体的游戏中，读者只要选用那些需要的滑动计数器输出信号就行了

滑动计数器板耗电很大。事实上，图7-14的两块板要消耗伏电源1A的电流。因此必须专门用一个稳压电源供电。跟随控制板的电源必须从第二个稳压电源取出。

鱼雷攻击方框图

为了讨论用电位器控制速度和方向的电路以及基本跟随控制电路的工作情况，我们不得不停止鱼雷游戏的详细介绍。在恢复讨论之前，复习一下控制台的作用和流程图，重温一下鱼雷游戏系统是必要的。

图7-15（a）是防御鱼雷系统的基本方框图。发射四枚防御鱼雷中任一枚鱼雷的指令来自DT发射控制台，这一命令送到DT水平位置逻辑电路1，它决定要显示的DT图形。控制台来的同一个射击脉冲还送给一个简单的脉冲发生器并解除垂直滑动计数器的初始化操作。选中的DT图形的垂直部分从屏幕底部初始位置开始向上运动，运动速度稍高，在内部已经固定。

DT水平位置逻辑电路决定发射四枚鱼雷中的哪一枚，而DT初始化逻辑电路和垂直滑动计数器决定DT图形什么时候向上运动，速度有多快。选中的DT图形的水平和垂直部分在DT图形逻辑方块中结合形成一个完整的图象。

DT图形在屏幕上继续向上运动直到在初始化逻辑块出现负向$\overline{\text{DT复位}}$脉冲。此时DT图形在屏幕上隐去，整个DT系统回到初始位置，直到防卫游戏者发射另一枚鱼雷。

攻击军舰和攻击鱼雷方块图更复杂。我们首先看图7-15（b）中的系统，它包括由跟随控制板组成的跟随电路，主图形滑动计数器和从属图形滑动计数器。两个图形的图象信号从各自的滑动计数器中取出，由AC和AT图形电路形成图象。

脉冲发生器取128V作为输入，产生跟随电路需要的$\overline{\text{128P}}$和$\overline{\text{PVINT}}$脉冲。当主图形处于初始位置时，它的垂直位置固定在计数信号128V从0变到1的地方，靠近屏幕中间。

当主图形处于初始位置时，$\overline{\text{HINTP}}$脉冲发生器仅仅确定主图形的水平位置就行了，在这种情况下，图形的初始位置在行消隐结束处，或在屏幕的左边。

攻击控制台给出的水平和垂直数据来自一对电位器或操纵杆。这些信号象图7-13中的R_1和R_3一样，控制着图形的运动。

AT触发器电路决定从属图形（攻击鱼雷）是与主图形同步还是自己本身自由运动。攻击控制台的$\overline{\text{AT发射}}$脉冲使触发器产生允许鱼雷离开主图形的条件。$\overline{\text{开火}}$必须置于逻辑0才能完成。从属图形脱离主图形单独运动直到$\overline{\text{AT复位}}$脉冲出现。AT复位脉冲使触发器复位，并使$\overline{\text{开火}}$回到逻辑1，这时AT图形与AC的图形重叠。

图7-15（C）方框图表示系统的游戏逻辑部分。学习这个方框图和前面两个方框图以及图7-10的流程图，将会使你对系统各个部分的功能有一个好的理解。

位于屏幕右下角的目标图形由信号源盒一组行和场计数信号确定。当攻击军舰上的鱼雷图形（ATF）碰上目标图形时，目标图形的反相信号直接送到产生一组脉冲的AT＝**目标**电路中。

当AT＝**目标**时，逻辑方块使目标闪光一定的时间，这表明“侵略者”得分。目标图形的闪光速度，由**目标闪光**电路决定，其闪光时间由目标闪光定时器决定。

在目标闪光时间结束时，脉冲发生器产生一个脉冲，使攻击鱼雷回到攻击军舰。

边界2在屏幕上没有显示出来，但是它在游戏中起着重要的作用。记得**边界**2定义为屏幕的顶端、底边和右边。其逻辑电路用**场消隐**（顶端和底边）和**行复位**（右边）信号产生这组不可见的边界。

AT＝**边界**2**逻辑**将**边界**2和AT**图形**进行比较。当它们相与时，表示攻击鱼雷冲击了边界，该电路产生一个脉冲，使攻击鱼雷回到攻击军舰。

边界1逻辑方块使用**场消隐**信号来确定不可见的顶端和底边的边界。当攻击军舰碰到这条边界时，AC＝**边界**1 **逻辑** 电路产生一个使攻击军舰图象闪光的脉冲。这是防卫游戏者的一次失误，因为侵略者的军舰驶出了边界。

当AC＝**目标**电路检测出攻击军船和目标相碰时，攻击军舰这时也闪光，它也是防卫游戏者的一次失误。

最后，当AC＝DT，防御鱼雷击中攻击军舰，攻击军舰闪光，AC＝DT**逻辑**电路执行这一操作。

在AC＝**边界**1、AC＝**目标**和AC＝DT的任一种情况下，攻击军舰闪光，这三种情况都导致攻击军舰消毁，防卫游戏者得分。

已经射出的鱼雷在AC＝DT或DT＝**顶端**时被复位。在第一种情况下，防御游戏者用鱼雷击中了攻击军舰，成功地阻止了一次攻击。如果防御鱼雷没有击中，它继续向上运动直到它到达屏幕的顶端。该情况下顶端由场消隐和顶端脉冲发生器所决定。

要显示的四个图形(目标、攻击军舰、攻击鱼雷和防御鱼雷)在**游戏图象输出逻辑**电路中结合形成复合的游戏图象信号。

鱼雷攻击电路

完整的鱼雷攻击游戏系统需要三块具有跟随性质的专用游戏控制电路板和两个游戏者控制台。正如本节前面所述，具有跟随性质的电路是由一对相同的滑动计数器板(图5-15)和一个跟随控制板（图7-13）组成。图7-14是这三块板的完整详细的接线图。

鱼雷攻击的三个专用控制板如图7-16、7-17和7-18所示，控制台在叙述图7-11电路时介绍过了。

图7-19的接线图表示跟随电路、三个专用的控制电路和控制台之间的详细接线。

图7-16的电路包括所有产生DT（防御鱼雷）图形的元件。防御游戏者的四个开火按钮接输入S1到S4。在正常情况下，这些输入端被接到+5V的2.2kΩ电阻提升到逻辑1。当防御游戏者按下任一个开火按钮时，防御鱼雷控制台相应的S端的逻辑电平被迫降到逻辑0。

当使用低电平有效的输入时，图7-16中IC4-A起或门的作用。它的主要任务就是检出防御游戏者是否按下开火按钮。

按下任何一个开火按钮都会使IC4-A产生正向逻辑电平，并被反相器IC5-C转换成负向电平。这个负逻辑电平被IC1-A和IC5-A组成的脉冲发生器转换为窄的负脉冲。它使$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器（IC2-A和IC2-B）处于开火状态——IC2-A的3脚为逻辑1，6脚为逻辑0。

一切就绪之后，按下DT开火开关使DT系统处于开火状态并射出防御鱼雷。

当$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器在IC2-B的5脚接收到DT复位负脉冲时，DT系统回到初始位置。

$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器的输出控制IC2-C，IC2-D和IC3-A组成的图形初始化电路的工作。当DT图形不运动时，这部分电路处在初始化状态，在这种情况之下，$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器中的IC2-B的第6脚是

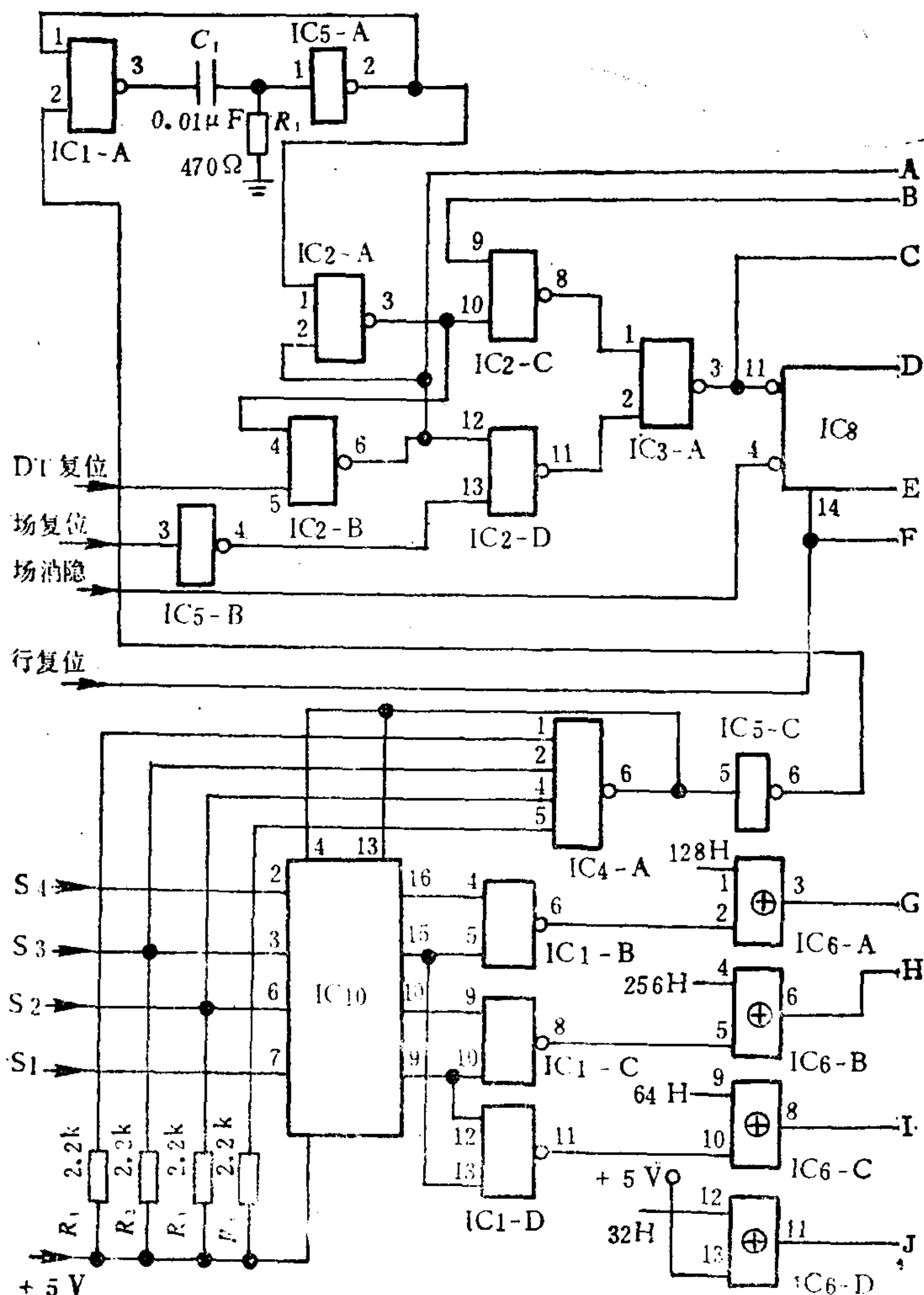
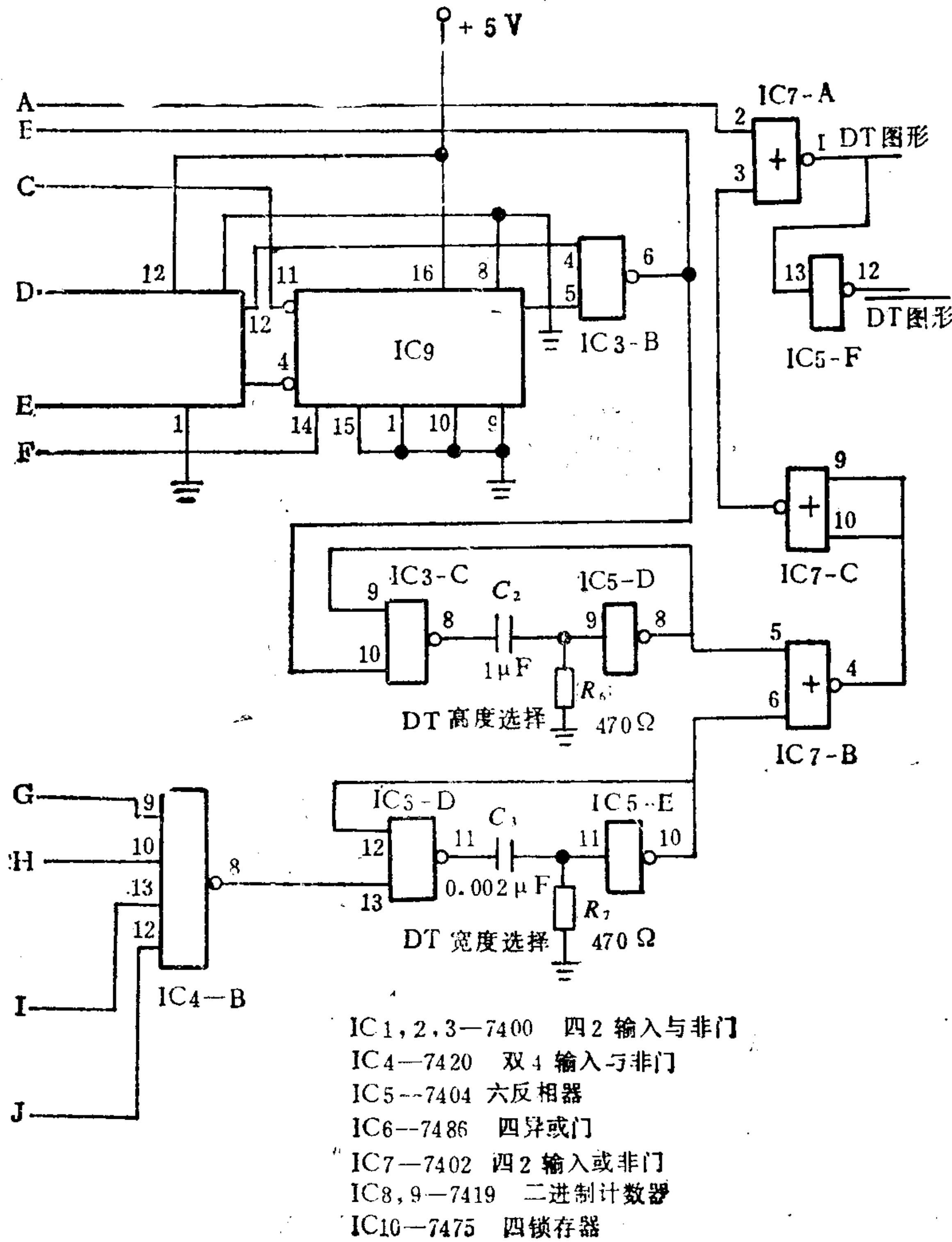


图7-16 防御鱼

逻辑1，允许场复位的反相信号通过IC2-D和ID3-A到达一对垂直滑动计数器IC8和IC9的输入或复位输入。这就迫使所有的DT图形的垂直位置处在屏幕底部。



雷电路板原理因

发射DT图形时，初始化电路转换到滑动计数器输入来自IC3-B的复位脉冲。在这种具体条件下，滑动计数器使DT图形在屏幕向上运动，其速度由两个滑动计数器的预置输入（第15、1、10和9脚）端的逻辑电平决定。

上述DT电路仅仅决定DT图形是否发射以及它向上运动有多快。下一部分是要告诉我们选择四个图形中的哪一个。

DT图形选择电路由IC6中的四个异或门、三个与异或门相连的与非门和输出端的4输入与非门组成。

我们要了解这个图形选择电路是怎样工作的。首先假设防卫游戏者按下**开火**1按钮，它使S1输入端的逻辑电平降到逻辑0，IC4-A的输出端的逻辑电平为1、IC4-A门的输出送回到4位数据锁存器IC10第4和13脚，S输入端的逻辑电平锁存在IC10中。即使游戏者松开开火按钮以后，IC10的输出仍保持原来的数据。

在这一具体的例子中，防卫游戏者已经在控制台上按下**开火**1按钮，四位锁存器在IC10的第9脚输入逻辑0，其它三个输出为逻辑1。

IC1-C和IC1-D与非门的两个输入端之一出现逻辑0电平，保证了这两个门的输出为逻辑1。因为锁存器的两个输入仍旧是逻辑1，所以它的输出保持逻辑0。

IC6中的异或门产生反相和不反相的行计数信号：IC6-B和IC6-C使各自的行计数输入反相；而IC6-A使128H不反相。IC6-D电路使32H输入永远反相，异或门结构产生$\overline{256H}$、128H、$\overline{64H}$和$\overline{32H}$的计数信号。这四个信号经IC4-B与非门产生DT图象。它的水平位置由刚才介绍的四个行计数参数决定。这就是游戏者按下第一个开火按钮产生的情形。

当防卫游戏者射出四枚鱼雷中任一枚时，下表就是DT选择线路的行计数参数。

·$S_1=\overline{256H}$，128H，$\overline{64H}$，$\overline{32H}$

·$S_2=\overline{256H}$，128H，64H，32H

·$S_3 = 256H, \overline{128H}, \overline{64H}, \overline{32H}$

·$S_4 = 256H, \overline{128H}, 64H, \overline{32H}$

水平位置由IC4-B的输出决定，更具体地说，它决定发射四枚鱼雷中哪一枚。垂直滑动计数器的IC3-B输出决定防御鱼雷的垂直位置，这两个图形参数首先通过两个脉冲发生器转换成脉冲形式，然后加到IC7-B形成防御鱼雷图形本身。C_2和C_3分别确定它的高度和宽度。

IC7-B输出的完整的防御鱼雷图形经IC7-C反相送给另一个使DT图形消隐的或非门。DT图象的一些数据继续在IC7-A的3脚出现，而第2脚的逻辑电平则由系统处在开火还是DT初始化状态决定。

当这一类或非门在它的一个输入端是逻辑1时，便有效地截止。这种情况就是$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器在IC2-B的第6脚出现逻辑1时，IC7-A便截止一样。它意味着防御鱼雷DT图形复位到初始位置，并从屏幕上消隐，直到它们被射出为止。

图7-17电路基本上是图形产生电路。IC8选择输入端出现的行和场计数信号产生目标图形。来自IC3-A的AC图形（攻击军舰图形信号）是攻击军舰的复合图象信号。这个可移动图形的水平部分由输到IC5-A的主图形HM信号决定，垂直部分来自IC5-B主图形的VM信号。来自IC5-A和IC5-B的信号在IC3-A相与之前，它们通过脉冲发生器送出。C_1的值确定攻击军舰图形的水平长度，而C_2的值决定其垂直高度。

IC3-B输出的AT图形信号是攻击鱼雷图形。它产生的方法与产生攻击军舰图形相同。IC6-A根据HM信号确定从属图形的水平部分，IC6-B根据VM信号确定从属图形攻击鱼雷的垂直部分。电容器C_3和C_4分别决定它的水平宽度和垂直高度。

当发射攻击鱼雷时，IC2-C的$\overline{\text{开火}}$输出是0逻辑电平。"侵略者"控制台的$\overline{\text{AT发射}}$信号启动$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器（IC2-B和

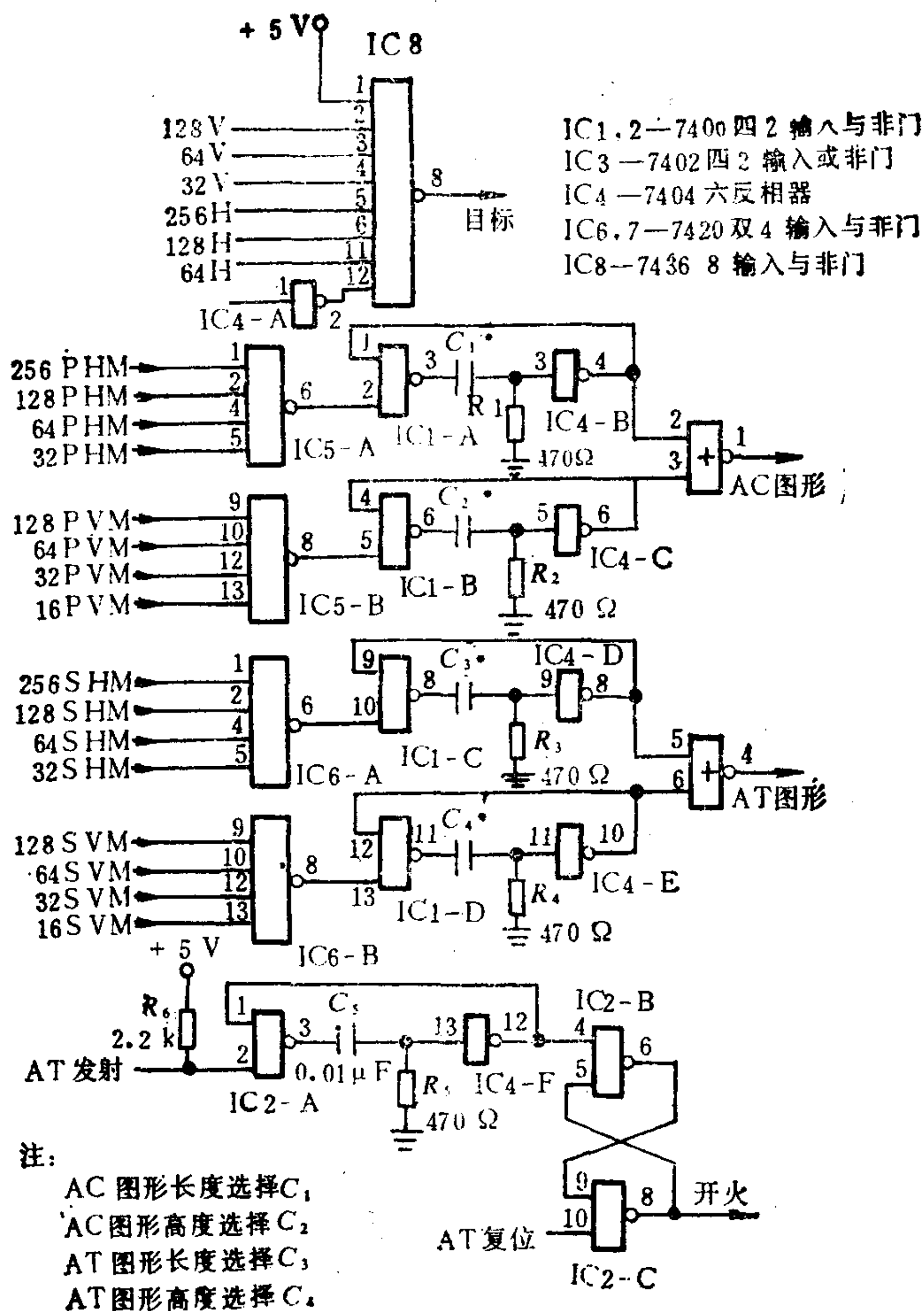


图7-17　图形板原理图

IC2-C),开火变成0,并且保持这种状态直到AT复位脉冲出现。

最后确定的鱼雷攻击控制板如图 7-18 所示。它具有图 7-15(c)方框图中大部分游戏控制功能。经过比较，你就很容易找出两个方框图的功能和逻辑元件的对应关系。

例如，AT＝**目标**逻辑在IC1-B产生，而定时器IC9-A和IC9-B用于目标闪光。IC4-D产生**边界**2，IC5-C完成AT＝**边界**2的功能。IC9-A或IC5-C输出使IC7-B的输出端产生AT复位脉冲。

边界1在IC6-C的输出端出现，它和AC图形攻击军舰图形在IC3-D中相与，完成AC＝**边界**1的逻辑功能。AC＝**目标**的功能在IC4-A产生，而AC＝DT的功能在IC3-C发生。图7-15(C)攻击军舰**闪光定时**方块的三个输入接到图7-18IC5-A。这个或非门的输出送给闪光定时器IC8-A并开始记时。

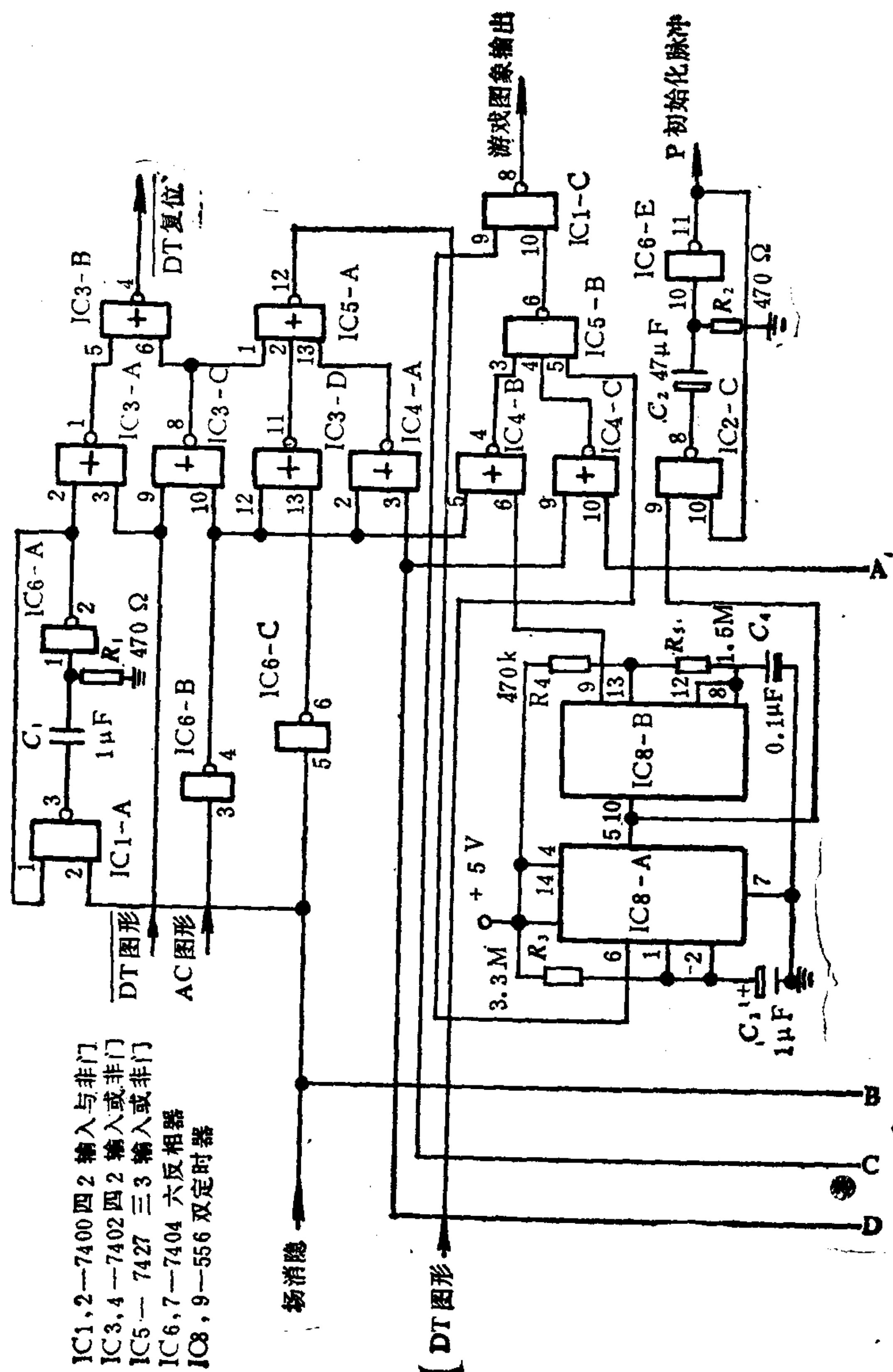
要在屏幕上显示的图形在IC5-B和IC1-C中组合，在IC1-C的第8脚输出游戏复合图象。

IC6-E输出的$\overline{\text{PINTP}}$逻辑电平用于使用攻击军舰回到由$\overline{\text{PVINT}}$（IC7-F）和$\text{PH}\overline{\text{INT}}$（IC7-C）输出所确定的初始位置。IC1-D及其有关的反相器产生跟随系统需要的$\overline{\text{PVINT}}$和$\overline{\text{128P}}$脉冲。

鱼雷攻击游戏接线图

图7-19是鱼雷攻击游戏系统的接线图。图上所示的跟随系统实际上是由三个电路板组成，它的内部连线在图7-14中作了详细介绍。这个游戏机有一半电路可用作其它游戏，其中包括下面要介绍的空中激战系统。

由于使用了六个电路板和两个控制台使系统电源超出了最大的容量。我们把一个滑动计数器板和跟随板使用游戏A的电源，让第二个滑动计数器和图形电路板(图7-17)使用游戏机B电源，剩下的DT和逻辑板以及两个控制板使用5V、1A的辅助电源。



游戏图象输出
P初始化脉冲
DT复位
DT图形
AC图形
场消隐
DT图形
A
B
C
D
+5V
IC1-A
IC1-C
IC2-C
IC3-A
IC3-B
IC3-C
IC3-D
IC4-A
IC4-B
IC4-C
IC5-A
IC5-B
IC6-A
IC6-B
IC6-C
IC6-E
IC8-A
IC8-B
R1 470Ω
C1 1μF
R2 470Ω
C2 47μF
R3 3.3M
R4 470k
R5 1.5M
C4 0.1μF
C1 1μF
IC1,2—7400四2输入与非门
IC3,4—7402四2输入或非门
IC5— 7427 三3输入或非门
IC6,7—7404 六反相器
IC8,9—556双定时器



图7 18 逻辑板原理图

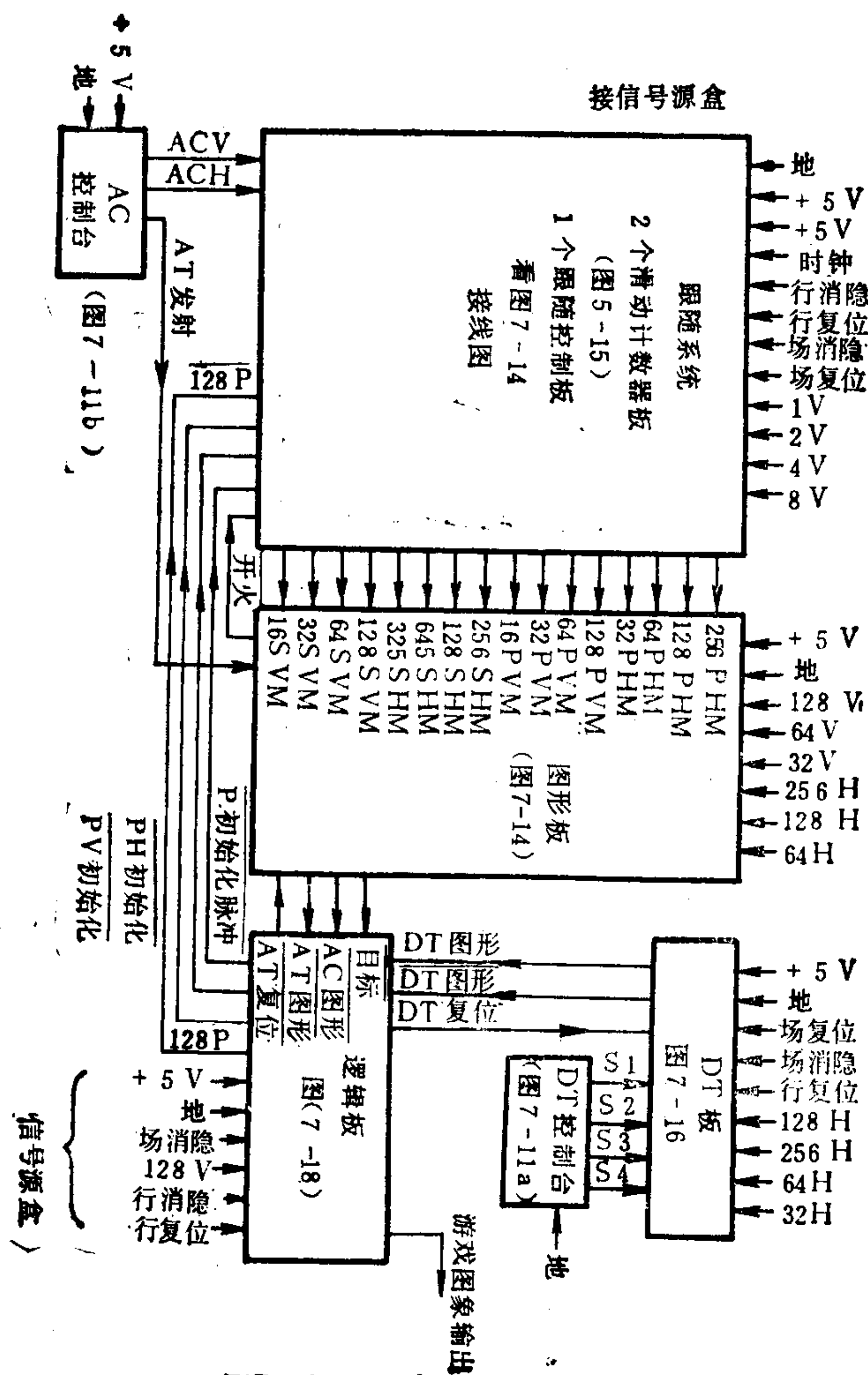


图7 19 鱼雷攻击接线图

空中激战游戏

这是一种为读者广为使用的电视 游戏。 它要求有两 个 游戏

者，每个游戏者控制一架能向敌机发射导弹的飞机。游戏者可以操纵主图形在屏幕任意地方自由的飞翔，这种游戏对飞行没有设置任何障碍和边界。

这种游戏的特殊之处是有一种电路，它使导弹以两倍于飞机的速度飞行，其方向相同。它包括使用一个2倍矢量乘法器电路。我们刚一接触，会以为它相当复杂，但实际上却并非如此。图7-20的流程图是空中激战游戏的控制程序，由于两个流程图相同，我们只要仔细研究其中一个，自然就会理解另一个。

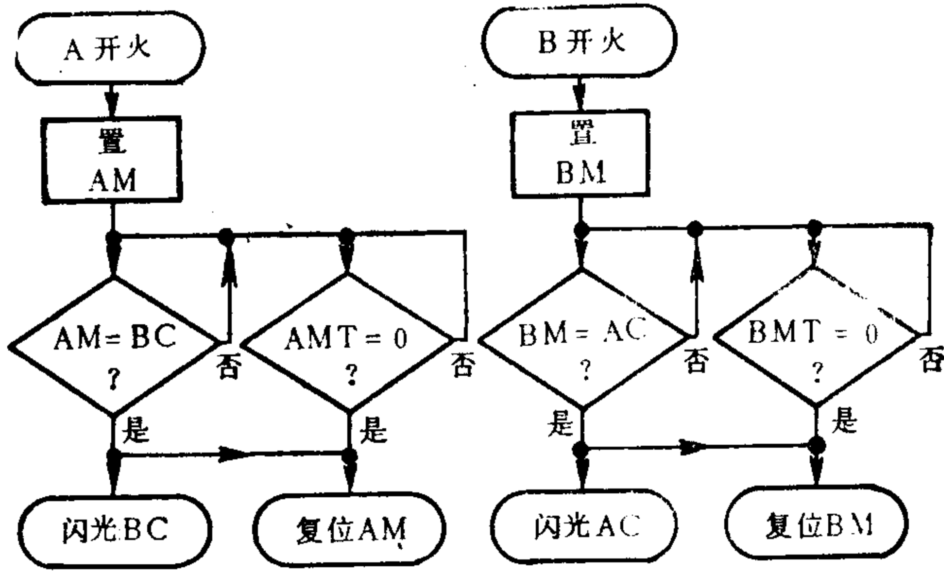


图7-20　空中激战游戏流程图

假设两个游戏者操纵主图形，他们各自的“C”（飞机）图形，在屏幕上飞翔，机上用跟随的方法运载着导弹。假定游戏者A发射导弹，根据图7-20左边的流程图，它使系统处于AM游戏者导弹工作状态。这可能出现两种情况：A导弹与游戏者B的飞机相碰（AM＝BC），或A的导弹飞行时间结束（AMT＝0）。在这两种情况下，导弹都立即回到原来的飞机上（**复位**AM)。不同的是导弹击中对方飞机时，被摧毁的飞机大约闪光1秒钟。

屏幕上整个游戏的画面是这样的。荧光屏上有两架飞机在自由飞行，一个游戏者从他操纵的飞机上发射一枚导弹，导弹飞行

方向与飞机同向，其速度是飞机飞行速度的两倍。导弹飞行大约1秒钟以后，它就从屏幕上隐去，并回到原来的飞机上。如果导弹击中对方的飞机，敌机就被摧毁产生闪光，导弹重新回到自己的主图象上。

这个游戏没有记分和自动复位，因此可以无限制地玩下去，记分和自动复位将在以后加上。

由一发射按钮和一组飞行路线控制器组成的两个相同的控制板相当简单。用操纵杆可以取代图7-21上的两个电位器，这样可以在控制台和荧光屏上的运动图形之间操作比较简单，产生的真实感更强。

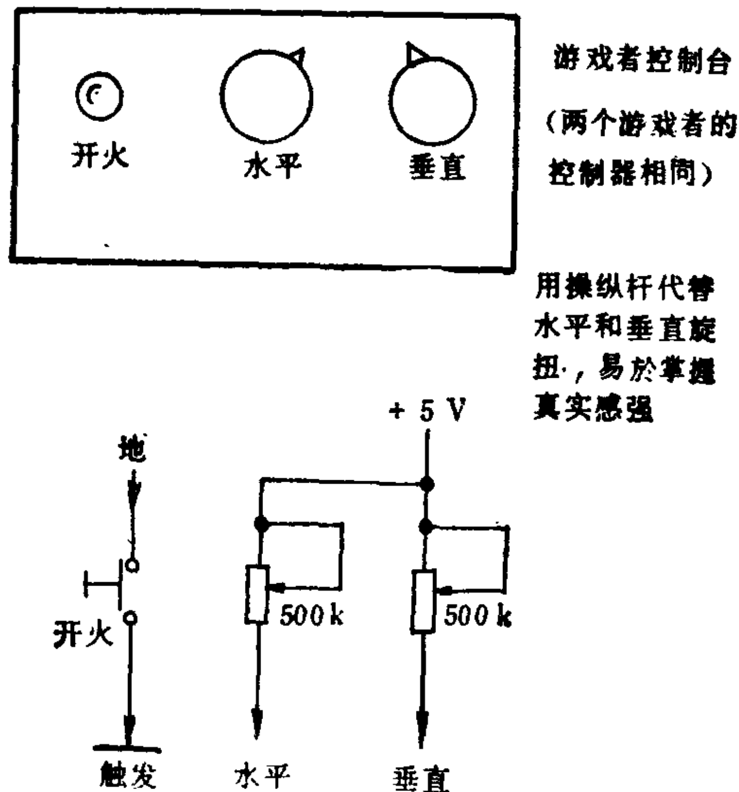


图7-21　游戏者控制台及电路图

矢量逻辑

空中激战游戏由两组相同的跟随系统组成，每一组对应一个游戏者。这就意味着要安装4块滑动计数器板（图5-15）和两块

跟随控制板（图7-13）。

两个系统的从属图形都以同样的方式跟随着主图形直到游戏者将它射出。从属图形离开主图形时，其速度和方向由导弹射出时的控制数据决定。在本章前面介绍的攻击导弹和鱼雷攻击游戏中，导弹的速度和方向与主图形在发射时的速度和方向相同。但是在空中混战游戏中，导弹离开时的方向与主图形方向相同，但速度比主图形快。这就要求把与主图形的速度和方向完全不同的数据输入到从属图形控制器中。

图7-22对送到滑动计数器电路的控制数据进行了完整的分析，有两个相关的数学方程式表示图象穿越屏幕的运动速度和花费的时间。 $v=\frac{50(9-M)}{C}$ $t=|1/V|$

v = 图形运动速度用幕/秒表示
M = 送进滑动计数器的速度代码的十进制数值
C = 水平或垂直总计数
C = 310 垂直运动
C = 374 水平运动
t = 图形在水平或垂直方向越过屏幕的所需时间以秒为单位

代码	M	垂直		水平	
		v	t	v	t
0000	0	1.45	0.69	1.20	0.83
0001	1	1.29	0.78	1.07	0.94
0010	2	1.13	0.89	0.94	1.07
0011	3	0.97	1.03	0.80	1.25
0100	4	0.81	1.24	0.67	1.50
0101	5	0.65	1.55	0.53	1.87
0110	6	0.48	3.07	0.40	2.49
0111	7	0.32	3.10	0.27	3.74
1000	8	0.16	6.20	0.13	7.48
1001	9	0	∞	0	∞
1010	10	-0.16	6.20	-0.13	7.48
1011	11	-0.32	3.10	-0.27	3.74
1100	12	-0.48	2.07	-0.40	2.49
1101	13	-0.65	1.55	-0.53	1.87
1110	14	-0.81	1.24	-0.67	1.50
1111	15	-0.97	1.03	-0.80	1.25

v ＞ 0 = 向下或向右运动
v ＜ 0 = 向上或向左运动

图7-22 矢量运动方程和表

速度用相当特殊的单位屏幕/秒来表示。也许用其它的单位如厘米/秒更为方便，但是这些单位随着实验者的电视屏幕的大小而变化，所以屏幕上的速度以屏幕/秒单位为佳。

图形在水平或垂直方向上的速度由图7-22的第一个方程式决定，M变量是输入到滑动计数器系统的4位二进制控制字的十进制形式。我们回想一下，停止代码是1001或十进制9。在这个例子中M＝9，V等于0，它清楚地表明将1001输入到滑动计数器后，图形速度为0，上下或左右都不能运动。

C是反应滑动计数电路最大计数容量的一个常数，运动的垂直部分C等于310，而水平部分C等于374。表中的V列表示这个方程式在水平和垂直方向所有运动控制代码的解。速度为负值表示向上或向左；如果是正值表示朝下或向右运动。

假定图形以M＝6在水平方向运动，这时图形朝下和向左。朝下的速度是0.48屏幕/秒，朝右的速度是0.40屏幕/秒。如果读者对画矢量图和求解矢量非常熟悉的话，你就可以确定精确的角度和速度。

事实上，对图7-22中的数据进行一些矢量分析是相当有趣的。分析的结果相当有用。但是这些问题留给有这方面知识和从事这方面工作的读者去完成。

从属图形的速度分量相乘的问题，请看图7-23中的表和电路。表的左边表示可能出现在主图形运动控制板输入端的10种不同的滑动计数器运动控制代码。实际上有16个，但是有许多在2倍矢量逻辑系统中是无效的。8个有效代码是5到12的M值。4和13的值在表中给出，说明无效情况的性质。按理表中也应该包括13到15和0到3的值。

在VP列中 主图形的控制代码转换为速度。这一数据直接取自图7-22的表。2VP列则表示VP图形乘2。速度矢量相乘仅改变速度而不改变方向。因此在图7-23表右边的4位二进制字表示适用于2VP速度的控制代码。这个数据再直接从图7-22取出，

主图形			从属图形		
M	8P 4P 2P 1P	VP	2VP	8P1 4P1 2P1 1P1	M1
13	1101	1.6	3.2	无效	
12	1100	-0.48	-0.96	1111	15
11	1011	-0.32	-0.64	1101	13
10	1010	-0.16	-0.32	1011	11
9	1001	0.0	0.0	1001	9
8	1000	0.16	0.32	0111	7
7	0111	0.32	0.64	0101	5
6	0110	0.48	0.96	0011	3
5	0101	0.64	1.28	0001	1
4	0100	0.8	1.6	无效	

2倍速度和方向矢量乘法器
（水平与垂直运动相同）

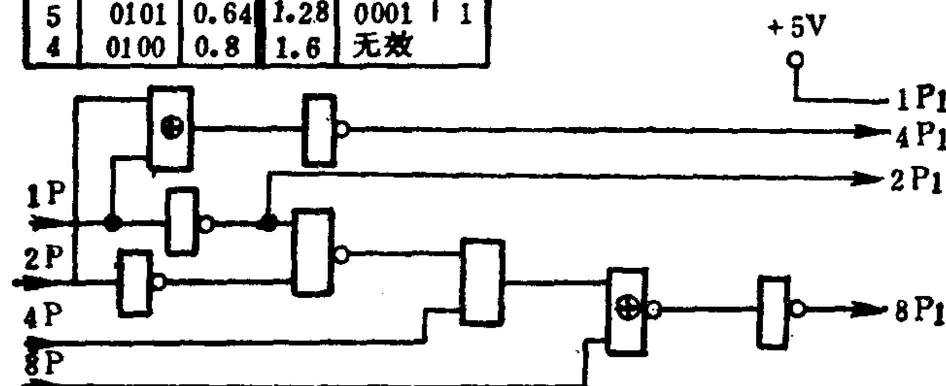


图7-23 使发射速度为主图形运动速度两倍的矢量表和电路

表中M列仅仅把控制代码转变成相应的十进制值。

这张表告诉我们当任何主图形以M＝12的速度运载着从属图形运动时，从属图形应该以M＝15的速度射出，方向与主图形相同，速度是它的两倍。

主图形M的值大于12或小于3就认为无效，因为速度变换2倍要求M的值大于或小于4位二进制所允许的，它不可能快过1111或0000。

图7-23的电路告诉我们主图形数据如何为从属图形而变成两倍的。只要主图形控制数据在M＝5和M＝12的有效工作范围内，这个电路就会按预先确定的关系变换。

具有跟随控制系统的2倍矢量电路的连接，就是将图7-13中的跨接线去掉，把电路的PVC输出接到2×矢量电路相应的P输入，然后将矢量电路的4个输出连到图7-13中的PVC插座。

第二个2倍矢量电路与PH相连，其结构与上述电路类似。

只要图7-13开火发射端处于逻辑1，从属图形就跟随着主图

图7—24　空中激战游戏机系统的方框图

形，即使它接收到与主图形不同的控制信息，它也会在主图形位置上有效地初始化。

开灭置于逻辑0，2倍转换的控制数据送入图 7-13 的锁存器IC6和IC7，结果从属图形以主图形两倍速度飞开。

空中激战方框图

图7-24是这一节叙述的空中激战游戏方框图。**游戏者A控制器**方块连续产生A**水平**和A**垂直**的控制信息，它们就是游戏者A控制台的电位器连接线送出的。

A**跟随系统**把A**水平**和A**垂直**信号变成本系统滑动计数器的运动控制代码，主图形运动代码直接从输入数据中取出，而从属图形运动代码由2×矢量逻辑电路进行修正。

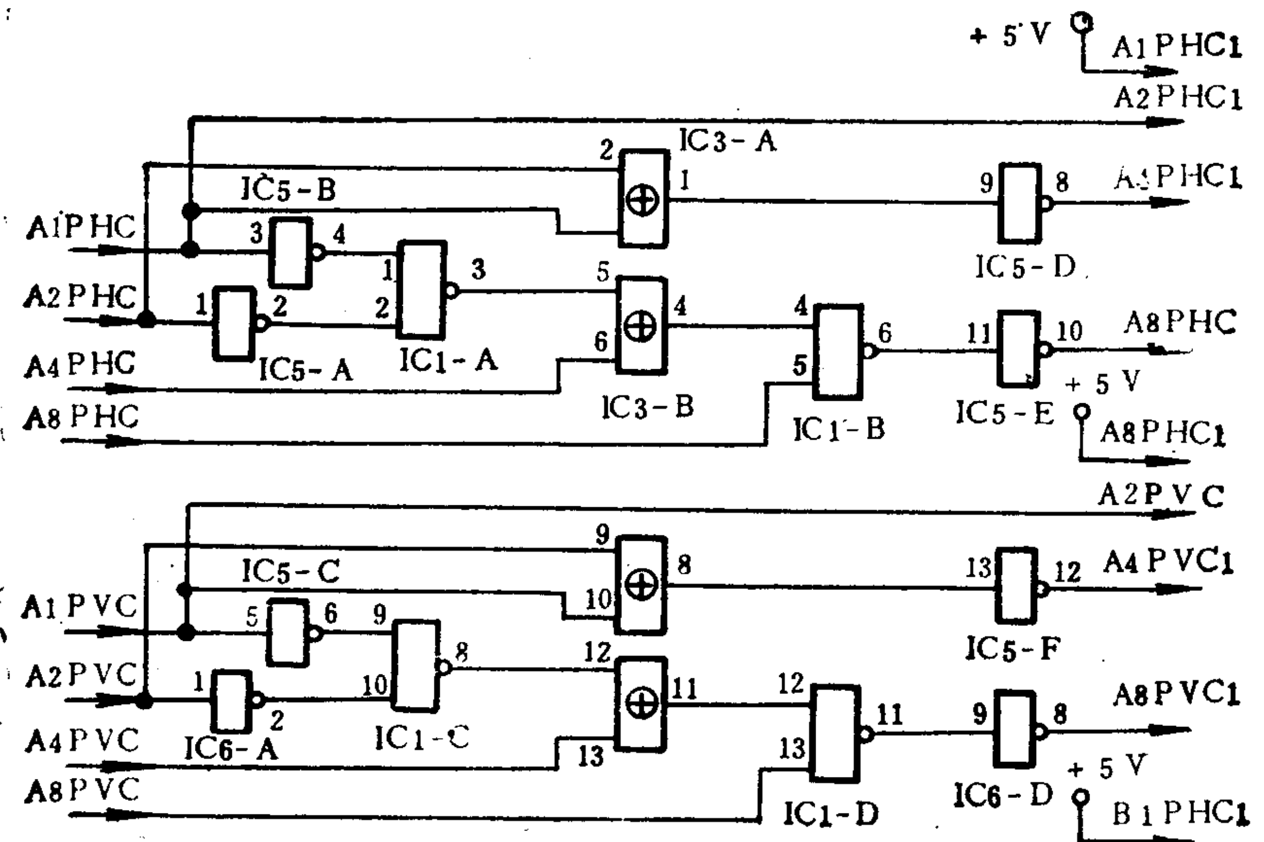
当游戏者A按下**开火**按钮时，A**目标**启动单稳定时器电路AM**定时器**。定时器立即释放从属图形，使导弹离开飞机。标有飞机AC**图形逻辑**（ACFIG LOGIC）和导弹AM**图形逻辑**（AMFIG LOGIC）方块分别产生飞机A和导弹A图形。

游戏者B系统的工作情况与上述A系统是一样的。飞机B和导弹B的图象信号来自飞机BC**图形逻辑**（BCFIG LOGIC）和导弹BM**图形逻辑**（BMFIG LOGIC）。

AM＝BC逻辑电路检测出游戏者A的导弹与游戏者B的飞机之间的接触情况。当二者接触时，游戏者A得分。AM＝BC的输出使导弹AM**定时器**复位（导弹A回到飞机A），飞机B在屏幕上闪光。

BM（导弹B）＝AC（飞机A）电路的工作情况与AM＝BC相同。当游戏者B的导弹击中飞机A时，BM＝AC**逻辑**电路产生一个脉冲，使导弹B复位和游戏者A的飞机图形在屏幕上闪光。

两个飞机两个导弹图形在**游戏图象逻辑**电路中形成最后的



IC1，2—7400 四2输入与非门
IC3,4—7486 四异或门
IC5,6，7—7404六反相器
IC8—556 双定时器

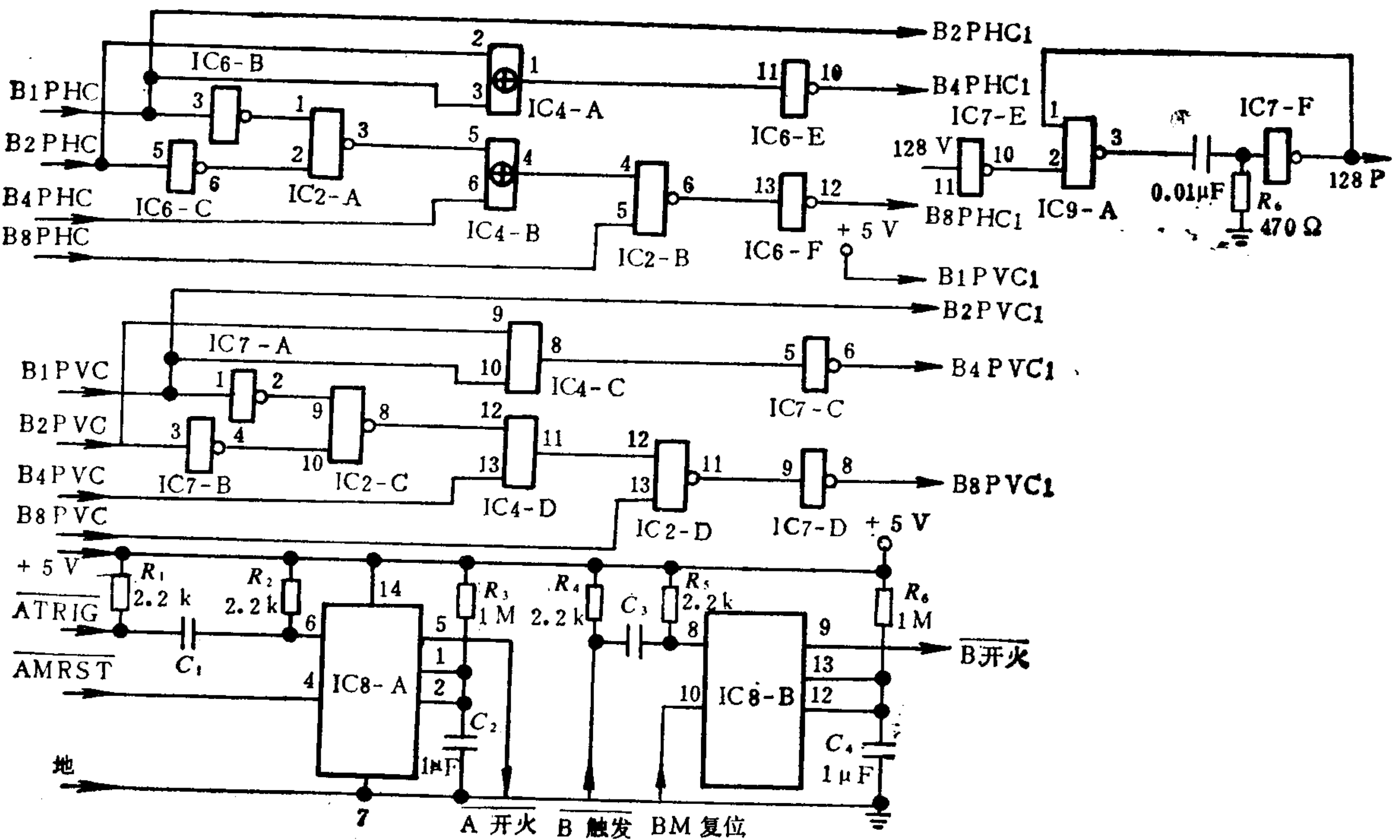

B1PHC
B2PHC
B4PHC
B8PHC
IC6-B
IC6-C
IC2-A
IC4-A
IC4-B
IC2-B
IC6-E
IC6-F
B2PHC1
B4PHC1
B8PHC1
B1PVC1
IC7-E
128 V
IC9-A
IC7-F
0.01μF
R6
470 Ω
128 P
+5 V
B1PVC
B2PVC
B4PVC
B8PVC
IC7-A
IC7-B
IC2-C
IC4-C
IC4-D
IC2-D
IC7-C
IC7-D
B2PVC1
B4PVC1
B8PVC1
+5 V
ATRIG
AMRST
地
R1
2.2 k
C1
R2
2.2 k
IC8-A
R3
1 M
C2
1μF
R4
2.2 k
C3
R5
2.2 k
IC8-B
R6
1 M
C4
1 μF
B开火
A 开火
B 触发
BM 复位

图7-25 矢量板原理图

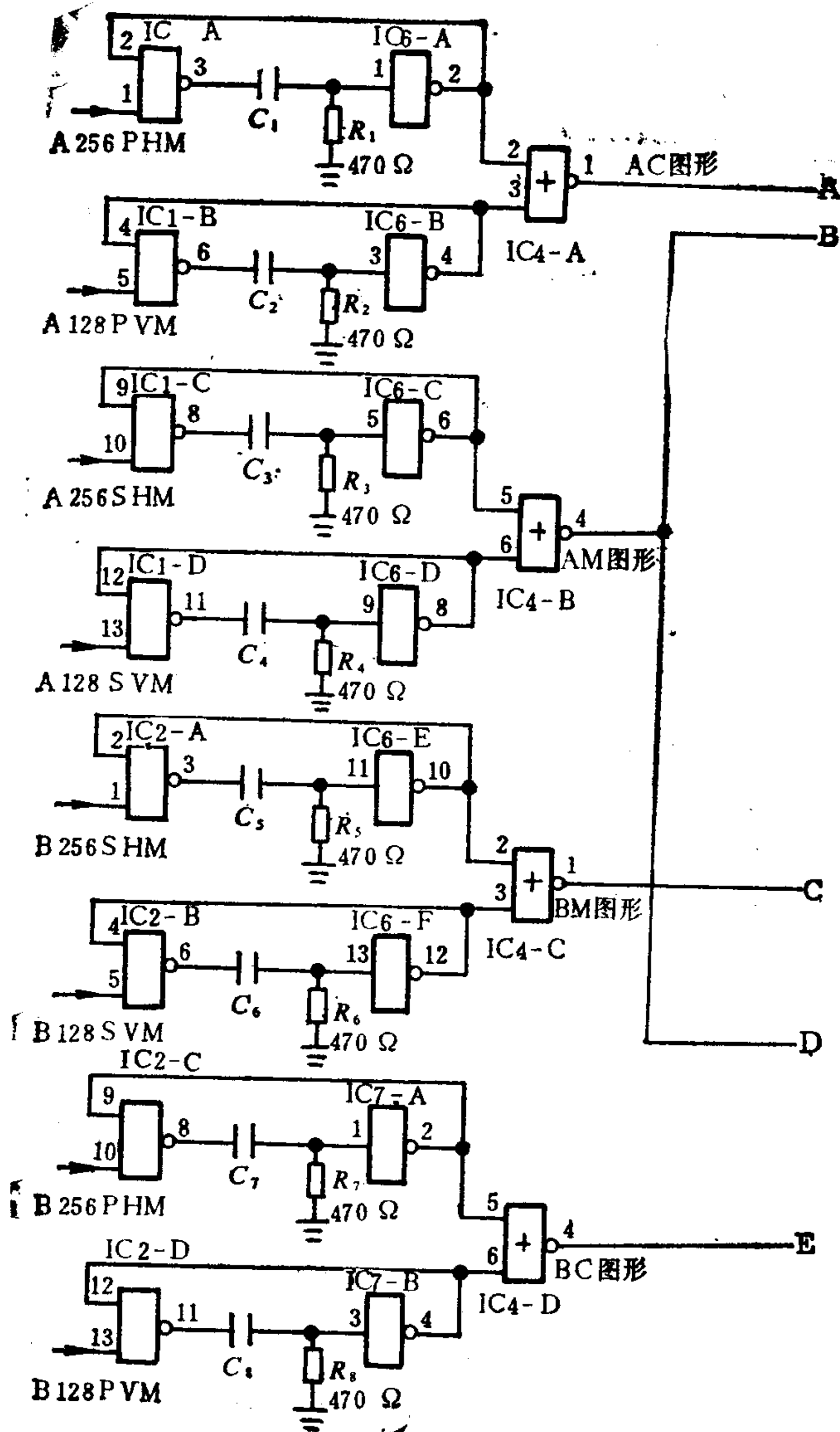
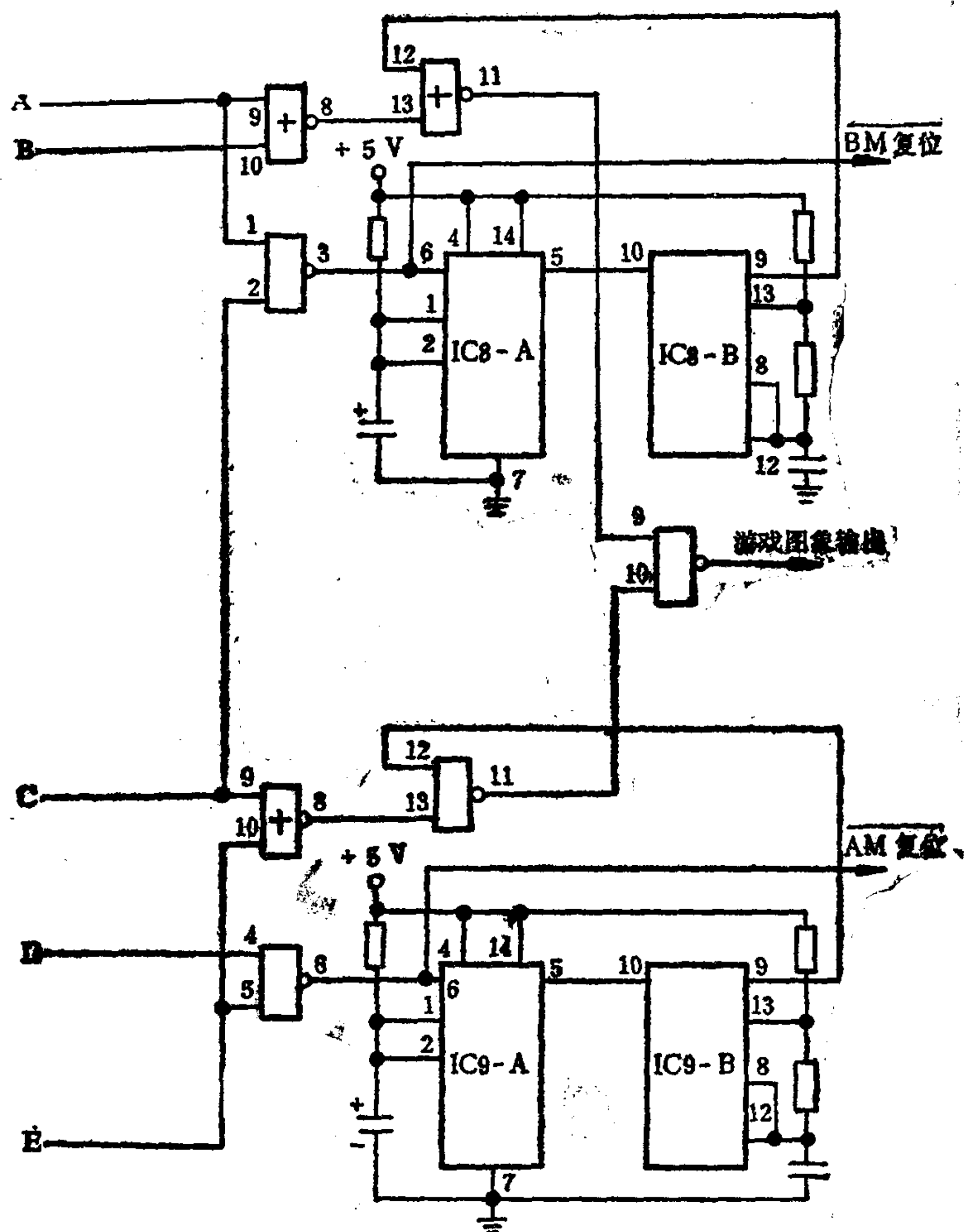
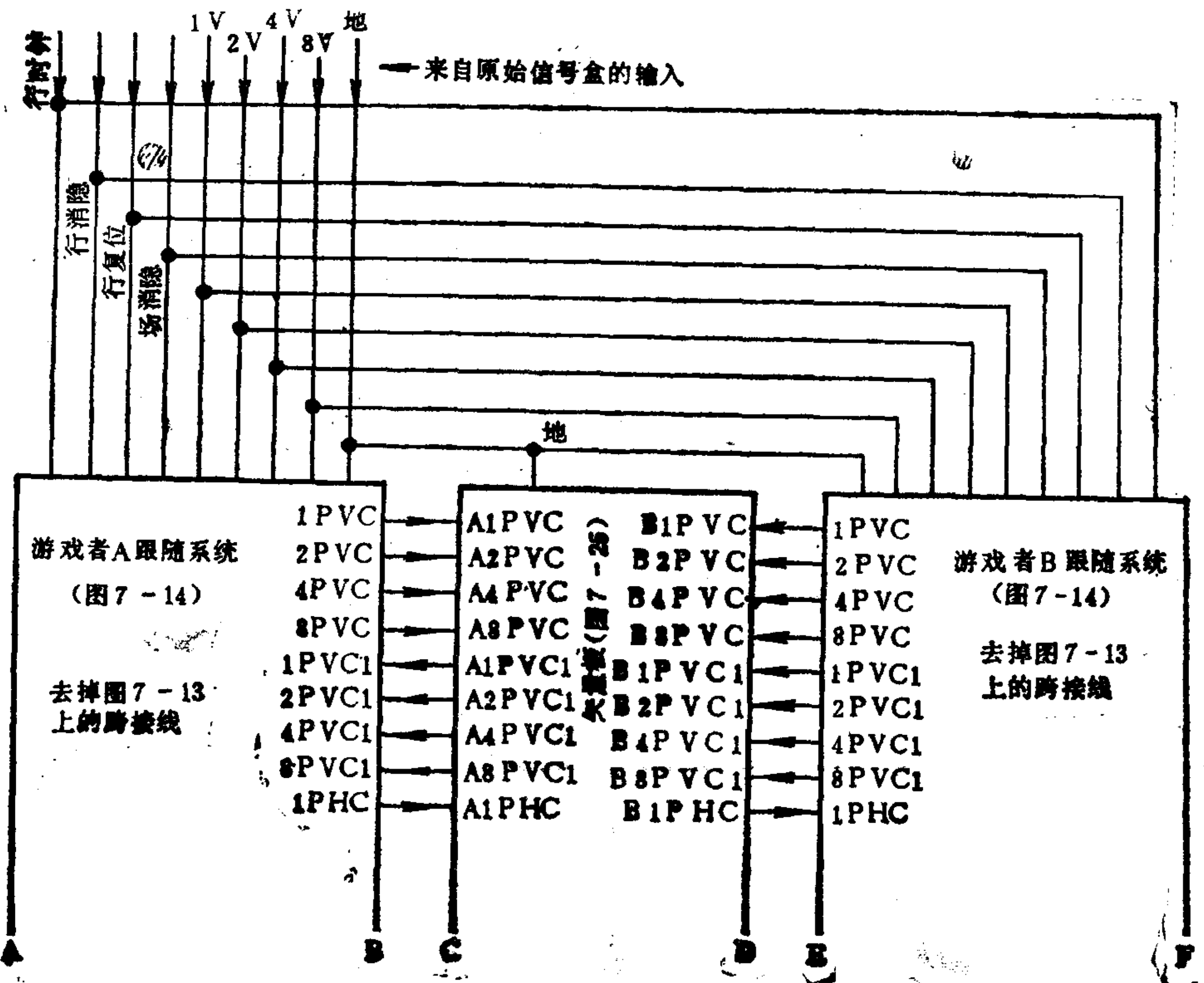

IC A
2
3
1
C1
R1
470 Ω
A 256 PHM
IC6-A
1
2
AC图形
A
IC1-B
4
6
5
C2
R2
470 Ω
A 128 P VM
IC6-B
3
4
IC4-A
B
IC1-C
9
8
10
C3
R3
470 Ω
A 256 S HM
IC6-C
5
6
AM图形
IC4-B
IC1-D
12
11
13
C4
R4
470 Ω
A 128 S VM
IC6-D
9
8
IC2-A
2
3
1
C5
R5
470 Ω
B 256 S HM
IC6-E
11
10
BM图形
IC4-C
C
IC2-B
4
6
5
C6
R6
470 Ω
B 128 S VM
IC6-F
13
12
D
IC2-C
9
8
10
C7
R7
470 Ω
B 256 PHM
IC7-A
1
2
BC图形
IC4-D
E
IC2-D
12
11
13
C8
R8
470 Ω
B 128 P VM
IC7-B
3
4

图7-26 图



C1，C2—选择AC图形大小和形状　IC1，2，3—7400 四2 输入与非门
C3，C4—选择AM图形大小和形状　IC4，5—7402　四2 输入或非门
C5，C6—选择BM图形大小和形状　IC6，7—7404 六反相器
C7，C8—选择BC图形大小和形状　IC8，9—556　双定时器

形板原理图


行时钟
行消隐
行复位
场消隐
1V
2V
4V
8V
地
来自原始信号盒的输入
地
游戏者A跟随系统
(图7－14)
去掉图7－13
上的跨接线
1PVC
2PVC
4PVC
8PVC
1PVC1
2PVC1
4PVC1
8PVC1
1PHC
A1PVC
A2PVC
A4PVC
A8PVC
A1PVC1
A2PVC1
A4PVC1
A8PVC1
A1PHC
B1PVC
B2PVC
B4PVC
B8PVC
B1PVC1
B2PVC1
B4PVC1
B8PVC1
B1PHC
1PVC
2PVC
4PVC
8PVC
1PVC1
2PVC1
4PVC1
8PVC1
1PHC
游戏者B跟随系统
(图7－14)
去掉图7－13
上的跨接线
A
B
C
D
E
F

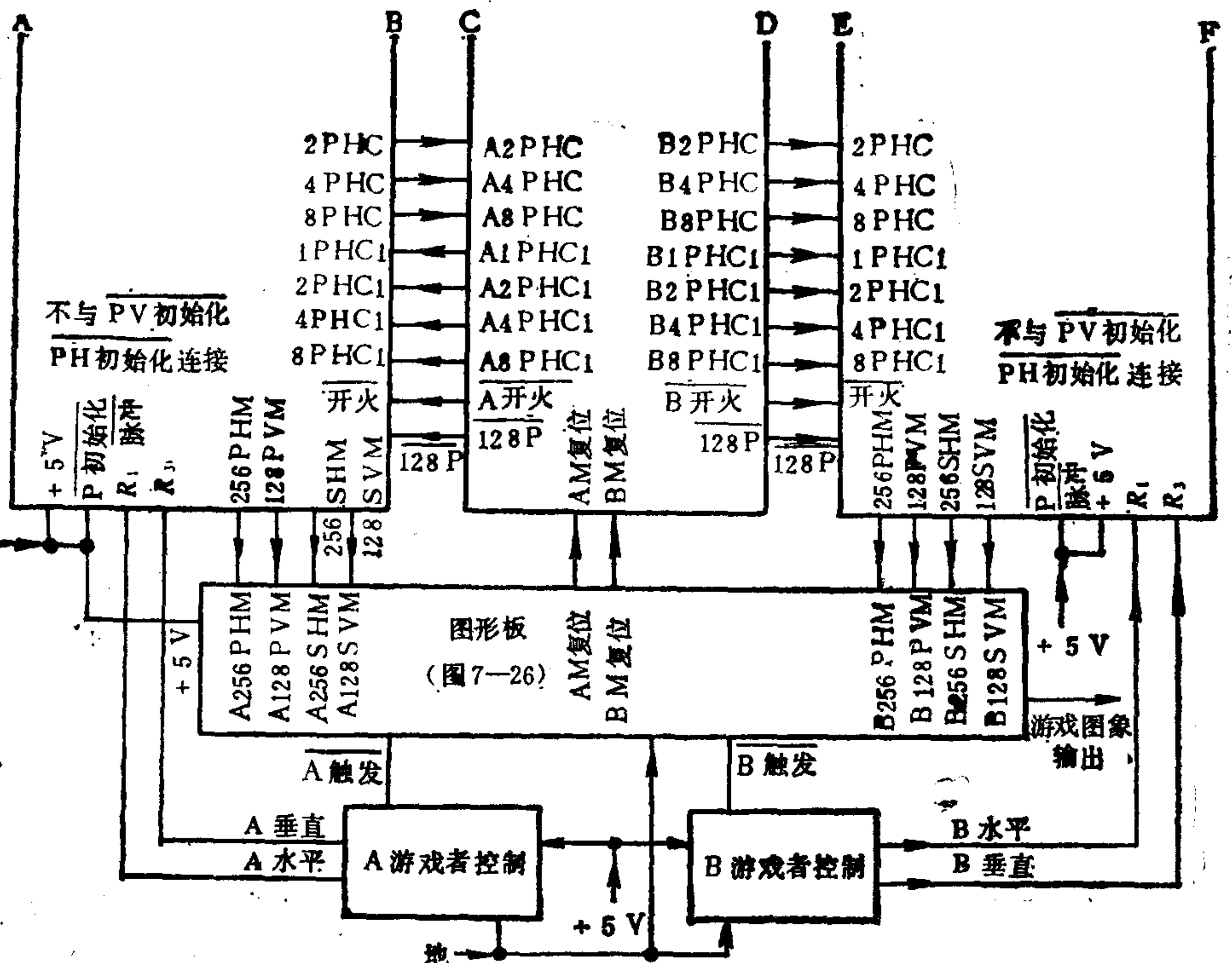


图7—27　空中激战系统接线图

游戏图象。

空中激战游戏电路

图7-25和7-26表示空中激战游戏所需要的两个特殊的控制电路。图7-25大部分电路专门用于两个游戏者的2倍矢量的乘法操作。这个具体的电路板不包括两个游戏者的发射逻辑和跟随系统128P信号发生器。

图7-26的电路包括所有的图形产生逻辑以及接触逻辑和图形闪光逻辑。

在解释这两个电路板的工作原理以前，我们必须了解它们使用了两套相同的跟随系统。每个游戏者操纵一个，所有标有前辍A的输入输出信号表示连到游戏者A系统；而带有前辍B的连到B系统。

读者对图7-27的接线方框图进行深入了解是会有帮助的。从图上我们可以看到两块专用的空中激战电路板、即矢量板和图形板，它们为两个完整的跟随系统服务。

图7-25的矢量板中有四个在图7-23已叙述的2倍矢量乘法器电路，每一个都从跟随控制板接受一组4个主图形运动控制码位。

这四个2倍矢量电路中的第一个接受A1PHC到A8PHC。它们是游戏者A主图形水平运动代码。同一电路输出，A1PHC′到A8PHC′是游戏者从属图形水平滑动计数器的乘2校正后的运动代码。

具有输入为A1PVC到A8PVC的矢量电路从游戏者A主图形垂直运动电路获得数据。它的输出(A1PVC′到A8PVC′)送到从属图形垂直控制电路。

图7-25剩下的两个矢量电路将按游戏者B的运动控制代码准确地进行。

图7-25的IC8-A是一个设计成单稳态定时器。当游戏者按下

开火按钮时，在A**触发**的负向脉冲使IC8-A产生一个持续时间为1秒的脉冲。它标记为A**开火**，用于使游戏者A的导弹和飞机分离。如图7-27说明中指出，**A开火**连到游戏者A跟随控制板的**开火**输入端。

在单稳脉冲持续的一秒钟内，或在第4脚出现负向脉冲AM**复位**之前，定时器一直工作。

在图7-26叙述过，当游戏者A成功地打下敌机时，就会出现A导弹复位脉冲AM**复位**。

游戏者B的发射电路是由IC8B及其他元件组成，工作方式与游戏者A相同。B**触发**从游戏者B的控制台**开火**按钮取出。它的输出使导弹与飞机B分离。负脉冲BM**复位**立即使定时器复位。

由IC7-E、IC9-A和IC7-F组成的脉冲发生器只产生跟随运动控制系统所需要的128P，它用于两个游戏者的跟随系统。

因为空中混战游戏连续进行，不需要任何游戏复位操作。这样我们可以用四个滑动计数器高位的负向沿来产生图形。图7-26的脉冲发生器电路可以完成这一简单的程序。

必须解释输入标记的意义。如IC1-A第1脚的A 256PHM表示游戏者A主图形的水平滑动计数器的256 H M输出。同样，A128PVM是游戏者A主图形垂直滑动计数器的128V M信号。

这两个脉冲发生器的输出在IC4-A相与，产生游戏者A的飞机图形。C_1和C_2值确定这个图形的水平和垂直尺寸。读者完全可以根据自己设计的图形大小对它们进行选择。

输入A256SHM和A128SVM，是游戏者A从属图形滑动计数器的高位计数信号。用一组脉冲发生器使这些脉冲变窄之后，在IC4-B组合，产生游戏者A的导弹图形。

游戏者B的滑动计数器信号用同样的电路进行处理，从IC5A产生导弹图形；IC5B产生飞机图形。

图7-26检测游戏者B的导弹与游戏者A的飞机之间的接触情况。这就是图7-24方框图中所示的BM＝AC逻辑电路。

IC3-B在游戏者B的飞机和游戏者A的导弹相碰时发出信号。

导弹与对方的飞机接触后启动定时器电路，它使被击中的飞机图象不断地闪烁。例如当游戏者B的导弹与游戏者A的飞机相碰时，定时器IC8-A就被启动，IC8-B产生振荡，使图象时断时续交替地通过IC4-D。

IC9-A是另一个控制振荡器IC9-B的定时器，它们在游戏者A的导弹与游戏者B的飞机接触时开始工作。

两对图象（游戏者A的飞机和导弹，游戏者B的飞机和导弹）在IC3-C中组合产生游戏图象输出信号。

每当导弹记分，AM复位和BM复位置为逻辑0，从而使导弹返回运载飞机。

空中激战游戏接线图

图7-27是空中激战游戏的接线图。一个可能被人忽视的重要特点是两个跟随系统的PINTP连线直接与逻辑1或＋5V接在一起。它使主图形初始化电路停止工作，以便游戏连续进行。这儿不存在任何要求恢复主图形位置的情况。

这个系统总共用八个电路板和两个控制台，两个滑动计数器。每个游戏者操纵一个跟随系统以及矢量和图形电路板。游戏者A的跟随系统使用游戏机A电源；游戏者B的跟随系统使用游戏机B电源。矢量板、图形板和两个控制器板使用辅助电源。所有的地线都应连在一起。

第八章 可编程的位置和运动控制

采用编程电路产生图象和控制图象的运动可以节省时间与金钱，但是编程电路比专门设计的游戏电路复杂，需要更多的初投资。然而，这些电路可以用于各种不同的电视游戏机，在短期内就能见到经济效益。

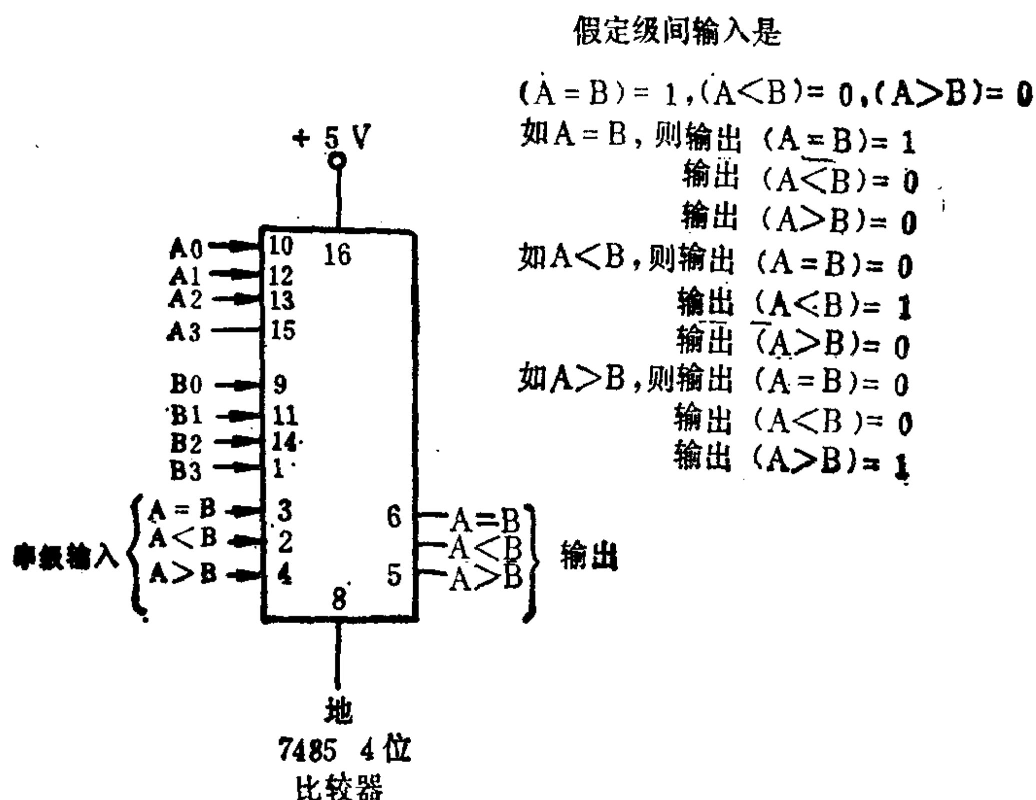


图8—1 7485 4位量值比较器的引脚及工作特性

我们在这里叙述的电路与现在市场上可编程的电视电脑游戏系统非常相似。读者可不局限于一种固定游戏形式，但是简化游戏设计程序和减少每一种游戏机的硬件还有漫长的路要走。用我们已叙述过的运动控制电路难以实现的一些功能，采用编程电路却能做到。

可编程图象电路的核心数字器件是图8-1所示的7485 4位量值比较器。它接收两个4位二进制字符或数字，对它们的大小进行

比较，从而确定是否相等，或其中一个大于或小于另一个。

两个输入数，第一个为A，由A0到A3组成，A0为最低有效位；第二个输入数为B，由B0到B3位组成，B0为最低有效位。

当两组四位数码加到比较器相应的输入端时，三个输出中的一个为逻辑电平1。如果两个数恰好相等，输出A＝B端为逻辑1。如果数A碰巧大于数B（如A＝1001，B＝0101），输出A＞B端为逻辑1。最后，如输入A＜B，输出A＜B端为逻辑1。

只有当比较器用同样的单元来比较八位或八位以上的字符时，才使用级联输入。否则级联输入A＝B应接到逻辑1，而两个不等级联输入都应接地。以后各节要介绍的电路均工作在这一方式。

可编程的图形位置控制

我们在第三章讨论了在屏幕上产生线、条和矩形的基本电路。它们的逻辑电路设计确定了图象的大小和位置。使用原始信号单元中适当的行和场计数信号，可以将图象置于屏幕上任何地方。但图象一旦被固定以后，就难以在电路板上改变了。

这里要介绍的电路比第三章任何电路都更复杂，但要改变确定图象大小和位置的参数却非常容易。在某种意义上说，这就是可编程的图象大小和位置控制。

图8-2是一个完整的图象编程电路。它用于确定线/条图象在屏幕上位置和大小的垂直和水平参数。

这个电路有两组输入。标有1、2、4……256的输入连到原始信号单元的水平或垂直计数端的相应位置。例如，该电路用来产生水平参数，那么输入1连到1H，输入2连到2H，等…。

另一套标有1P到256P的九个输入，通常连到固定的逻辑电平1或0。

这些输入在IC1，IC2和IC4-A中连续进行比较。IC1比较

(a)

来自原始信号盒的H或V计数信号

+5V 1 2 4 8

16 32 64 128 256

IC1 IC2

1P 2P 4P 8P

16P 32P 64P 128P 256P

位置编程输入

IC4-A IC4-B IC3-A

+5V

$\overline{PP}$

IC1，2—7485 4位比较器

IC3—7400 四2输入与非门

IC4—7486 四异或门

九个H计数输入

九个水平位置输入

图8-2a

$\overline{HPP}$

九个V计数输入

九个垂直位置输入

图8—2a

$\overline{VPP}$

(b)

图8—2 图象编程电路

(a) 通用电路图 (b) 水平和垂直图象编程的输入和输出符号

四个较低的码位，当它们相等时，它送出A＝B逻辑电平到IC2。16、32、64和128这四位在IC2进行比较，如第一批输入的八对数都相等，那么在第6脚产生一个A＝B的输出。

IC1和IC2是两个四位电平比较器，它们能级联起来对八位数码进行比较。两块集成电路在P输入端用八个相应的逻辑电平比较8个较低位的水平或垂直计数信号。IC4-A与IC4-B的反相作用相配合，组成一个与256位比较的一位比较器。如果原始信号单元的256位与256P输入端的逻辑电平1或0相同，IC4-B的输出为逻辑1。

这样IC3A就有两个比较信号，如果低位的八个数都相等，256位的输入也相等，那么在这些条件存在时，IC3-A就产生一个逻辑0电平。

把这些信息集中在一起，图8-2（a）电路就成为一个9位量值比较器。只有当原始信号单元来的信号与9个P输入端的逻辑电平相同时，产生逻辑0。

利用图8-2（a）电路作为电平比较器电路的试验基础，把原始信号盒的信号与水平计数信号端相连，并使P输入接地或连到＋5伏。如PP输出直接接至原始信号盒游戏图象输入端，就会在白色背景上得到一条细的黑色水平线。如果使PP通过一个反相器，那么就会在黑色背景上产生一条白线。

在任何情况下，屏幕上的垂直线都是1H宽。实验开始时，把P输入按100001010接至1（＋5伏或完全不接）和0（接地）。当左边位是256P输入，而右边位是1P位，你就会看见1H线通过屏幕面的中央。

通过P输入的编程得出100001010，你要求电路以信号源盒的H计数信号中找出1和0产生的图案。因为这一特定的H计数出现在屏幕中央，所以比较器电路在这特定时刻产生输出。

有两种情况屏幕上没有直线。如果在水平消隐期间内程序输入一个H数据，比较器就产生一根线条，但它在消隐范围内不显

现。在另一场合，你可能将一些计数信号进行编程，而这些计数信号大于的H计数信号数，即比二进制数111000110或十进制数454还大的数。信号源盒不会产生这个数，因此不会产生线条。

当使用具有垂直计数信号的比较器电路时，上述基本原则也同样适用。电路产生一个1V宽的水平线，位置由P输入端逻辑电平决定。如在水平比较器试验时情况一样，在垂直消隐期间或在100110110（十进制310）以及数更大时都不可能产生可见线条。

图8-2（a）电路用于H计数编程，你可将1H的垂直线固定在荧光屏上000000000（最左边）和11100101(最右边)之间的任何地方。在P输入端0和1的组合完全与第三章所给定的与非门输入相符。从本质上讲，这个比较器电路相当于一个确定直线大小和在屏幕上位置的9输入端与非门。它们之间的唯一不同就是编程比固定联线的与非门容易改变。

比较器电路一旦装好，就应将P输入编程，使1H宽的垂直线位于屏幕上容易观察的地方，然后将1P的输入与1H输入连接。因为输入1和1P均来自1H，它们总是相等的。结果产生2H时钟脉冲宽的线条。通过对输入2P到256P编程，可以调整线条的位置，但是线条变宽了。

把2P接至输入2和2H，用两个较低位的编程输入接到相应的H计数输入，这时线条的宽度是4H，它的位置由输入4P到256P编程确定。

线条宽度可以用上述方法调整或把低位的编程输入接到它们相应的H计数信号进行编程：1P到1和1H，2P到2和2H，4P到4和4H，等等。连接的编程输入越多，线条就越宽。那么，线条位置由没有接到相应的H计数信号的高位编程输入调节。

现举一个设计实例。假设我们要建立一条16H宽的垂直线，位于屏幕中心的左边。第三章与非门的技术条件是$\overline{256H}$、128H和64H，但在此情况，技术条件如下：1P＝1＝1H，2P＝2＝2H，4P＝4＝4H和8P＝8＝8H。毫无疑问，比较器电路联线要

多。图8-2（a）电路与简单的三输入与非门相对应。但是，它有一个很大的优点，那就是只要改变P输入就可以改变线条的大小和位置。在本章后面还要讲到P输入可用其他电路进行改变，那时线条大小和位置就可以自动改变了。这是第三章与非门线条产生电路不可能做到的。

用图8-2（a）电路进行实验之后，读者会发现把某些编程输入固定到一个特定的逻辑电平上，并把任一边的P输入端与相应

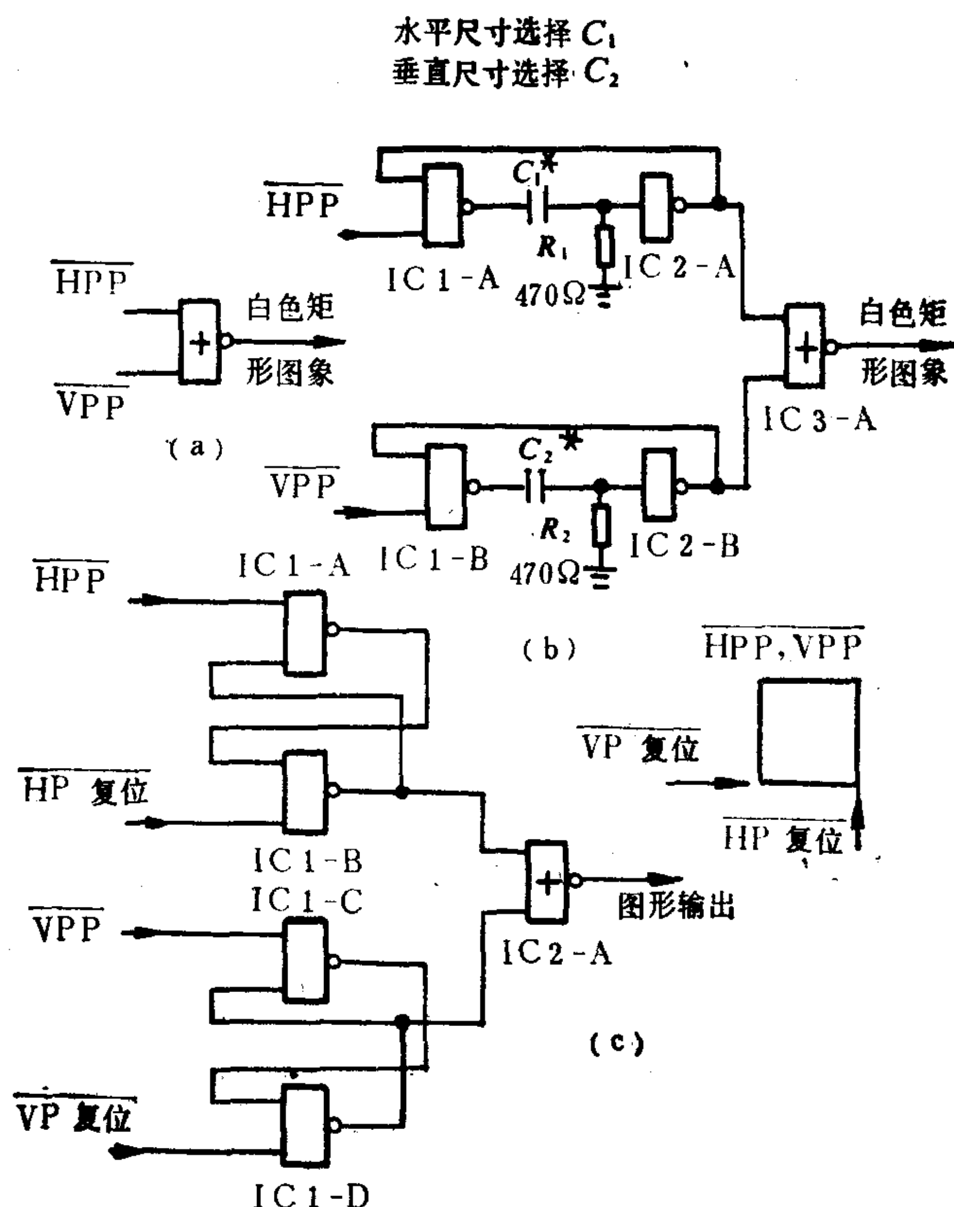


图8-3　水平和垂直位置编程电路的组合输出（a）通过加到或非门上的低电平有效输入信号相与形成较小的方块图形（b）通过选择一对脉冲发生器的电容值调整矩形大小

的H计数信号连接，就可产生一组平行线。

当比较器电路围绕H计数信号定位时，所有这些都能适用。图8-2（b）是一对比较器方框图，它们在各方面都是相同的。产生水平数据的比较器从九条H计数线取出信号，输出一个低电平有效的$\overline{HPP}$信号。产生垂直数据的比较器从V计数取出信号，输出$\overline{VPP}$信号。

图8-3的电路表示将水平和垂直相等信号进行组合的几种方法。在图8-3（a），$\overline{HPP}$和$\overline{VPP}$信号有效的相与，产生一个白色矩形。这矩形的大小和位置由水平和垂直的编程输入来决定。

图8-3（b）电路用一对脉冲发生器来解决图8-3（a）中简单与运算的某些固有缺点。利用本节前面所述的线条定位电路，难以将较粗的线条或矩形准确地置于所希望的位置。例如64H宽的线条仅能出现在六个不同的位置，就是图3-1所示黑白相间的64H线条的地方。

另一方面，就任何大小的矩形定位而言，图8-3（b）电路具有最大精度和灵活性。矩形水平和垂直尺寸的确定取自比较器的编程和电容器C_1和C_2的值。比较器的编程固定了矩形的位置，具有1H和1V的精度。

当图8-3（b）输出电路所产生矩形的大小难以改变时，读者（或游戏者电路本身）能通过比较器的编程输入对矩形位置进行精确控制。这一特性在本章后面要介绍的超慢运动控制中很有用处。

图8-3（c）的最复杂的比较器输出电路，其目的似乎相当含糊，但是它给读者一个完整概念。电路由二个R-S触发器组成。每个触发器都有一个输入来自比较器电路，外部信号源P复位（PRST）脉冲使触发器复位，IC2-A将它们的输出有效地相与。

每当水平编程比较器给出HPP脉冲时，IC1-A和IC1-B组成的触发器就处于高电平状态。这个脉冲表示图形水平方向的起点。这个触发器保特高电平状态直至外部HP复位（HPRST）

脉冲出现。如果这一复位脉冲是原始信号源盒的反相行复位信号，线条在HPP点开始，在屏幕右边结束。

以IC1-C和IC1-D为主构成触发器电路的垂直部分。垂直比较器的VPP信号使它处于与水平部分类似的高电平状态，外部信号(例如来自信号源盒的反相场复位(VRST)使它复位，结果产

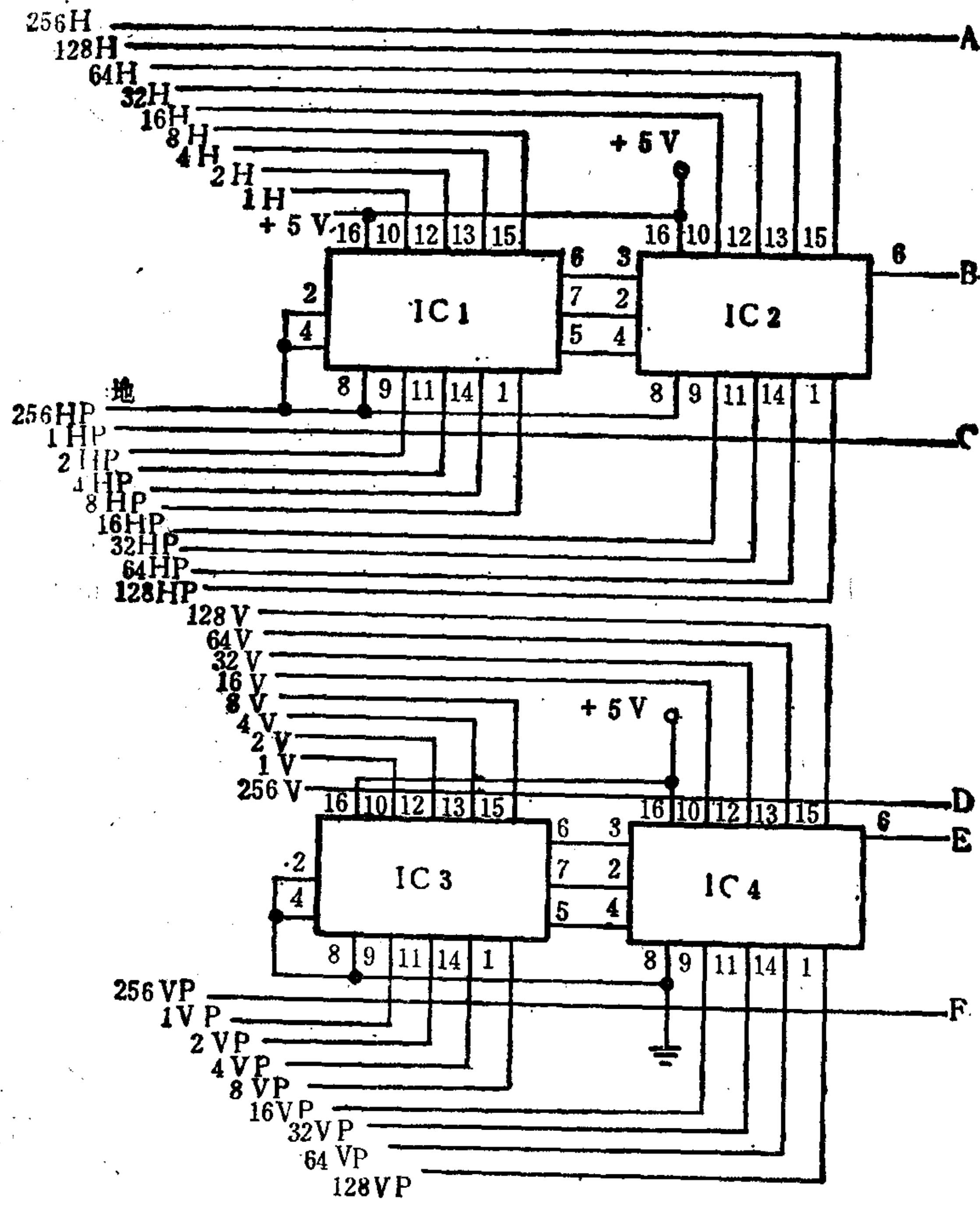
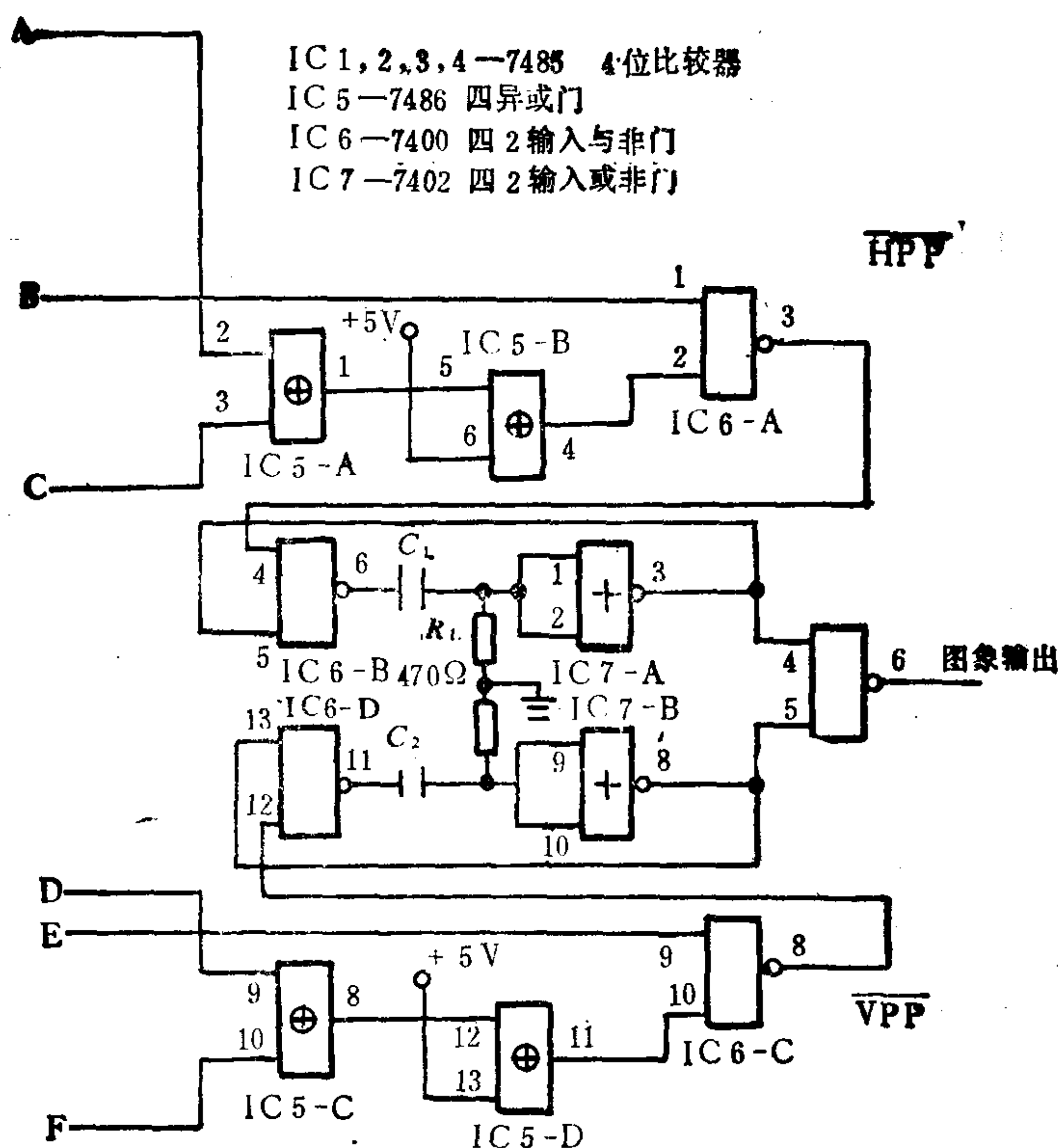


图8-4　完整的位置编程系统电路图　电路安装在有许多

生垂直线条。它从VPP出现那一点开始，一直往屏幕底部伸展。

两个触发器电路的“与”输出产生一个矩形图形，它的左上角在屏幕上 HPP 和 VPP 同时出现的地方。如触发器电路按上例所述复位（**行复位**和**场复位**的反相信号），图形将延伸至屏的右边和底边。当然，交替使用HP**复位**和VP**复位**脉冲信号来调节图形右边和底边的位置是完全可行的。



C_1 和 C_2 决定水平和垂直大小

余地的40脚印制版上，然而，所有的40个脚要全部用上

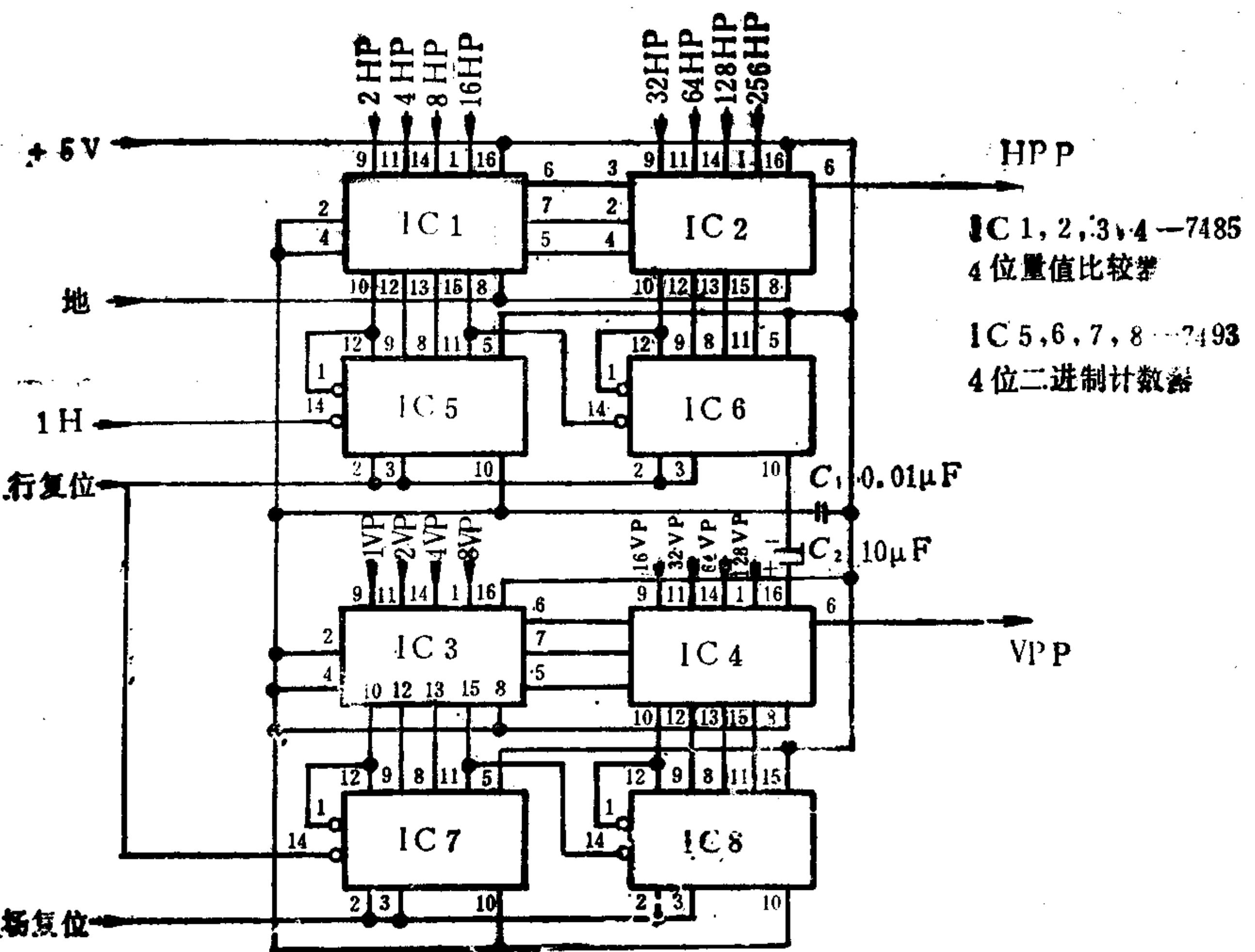


图8-5 简化的位置编程器

这个电路将用来对第四章所述的复杂图形的大小和位置进行编程。

图8-4是一个完整的位置控制编程电路。在IC3和IC4进行垂直编程的同时，IC1和IC2接收水平计数信号并进行编程。它们的输出送到脉冲发生器，矩形的水平尺寸由C_1值决定，而垂直尺寸由C_2值决定。

编程输入可以用18个不同的单刀双掷开关进行选择，每个开关接至一个P输入。图形位置编程电路相当麻烦，但是在某些情况下，也只有选择它。请看图8-6的输入开关参考电路。

图8-5是图8-4另一种比较器定位电路板。它的主要优点是不要用40脚，只需要使用23脚就行了。因为在位置控制板上组装一组计数器，就可不用所有的H和V计数信号了。

水平计数器是IC5和IC6，因为它们由1H同步，并由原始信号源盒中的**行复位**复位，所以它们遵从原始信号源盒H计数系统的基本计数方式。在垂直定位电路中，IC7和IC8起同样的作用，由原始信号源盒中的**行复位**同步和**场复位**复位。

使用板上的H和V计数器就可省去电路板和信号源盒之间的许多接线。当然，这个办法有利也有弊。H计数器（IC5和IC6）产生2H和256H间的计数信号，较低位的1H位不包含在水平部分的比较过程中。然而，省略1H比较，这就只意味着图象以2H精度定位。在大多数情况下，这不会引起许多问题。

垂直定位也仅有八位。在这种情况下，省略掉256V位，因为这个信号很少有用，把它从比较操作中省略，损失不大。

也要注意，图8-5电路需要八块集成电路，而不是图8-4的七块。此外，另一种电路产生高电平有效的HPP和VPP信号，而不产生复合图形信号。即使如此，考虑到图8-5电路是那样容易接入游戏系统，这损失就是相当次要的了。

图形定位的切换输入信号

图8-6是能把18个定位控制位进入图8-4和图8-5的任一电路板的设计图。它专门为图8-4电路设计的，但是，通过省去1HP位置（S9和R_9）和256VP位置（S10和R_{10}），它能与图8-5中较简单的电路连接。

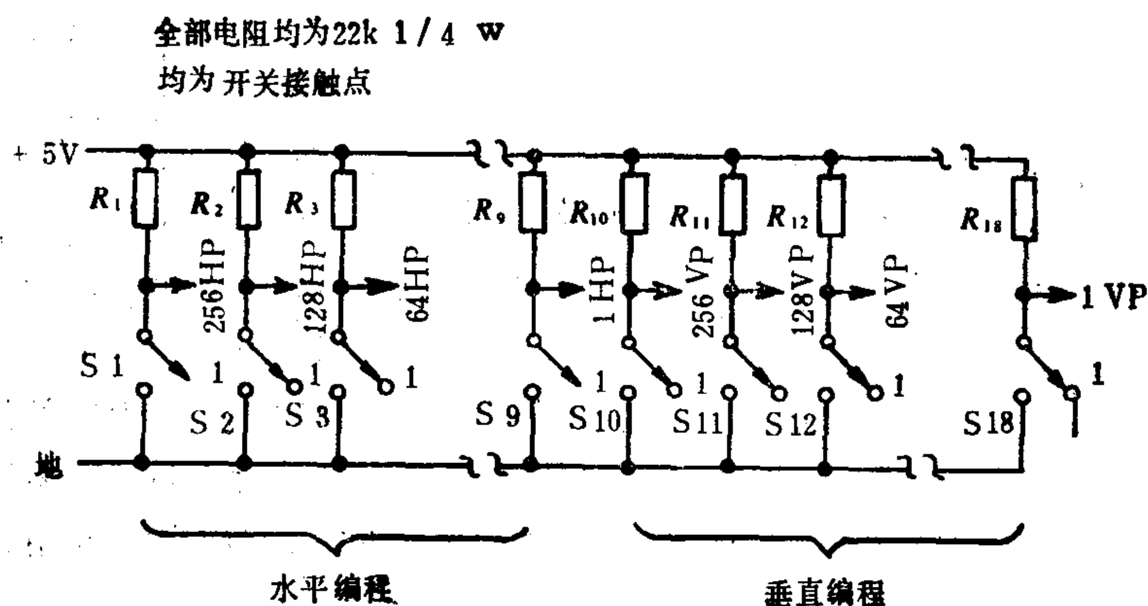


图8-6　荧光屏上图形位置编程用的开关面板

计数器定位编程

在本章所述的比较器定位电路中，它可以从开关板（例如图8-6）或其它逻辑信号源来确定定位信息。它们包括计数器、数据锁存器、数据选择器或随机存取存贮器等。

图8-7表示一组二进制计数器如何用于定位数据。在这种情况下，根本想法是电路每次同步时改变图形的位置。游戏的一种状态使计数器输出为0，并在屏幕上将图形位置固定。当这一游戏状态结束，时钟脉冲使计数器计数，改变位置数据，从而改变图形在屏幕上的位置。

IC1,2—7485　4位比较器
IC3,4—7493　4位计数器
IC5—555定时器

图8-7　计数器电路位置编程——电原理图和提供的输入电路

这种计数器输入电路有各种各样的结构。这里是一种由两个四位量值比较器IC1和IC2标明的位置数据。整个设计还可以扩展，以适应图8-4和图8-5更复杂更完整的位置编程器。

图8-7的IC1只比较信号源盒H计数部分较高的四位。它产生的水平线条为32H宽。同理，IC2只比较信号源盒中的16V,32V和128V．从而产生一个16V宽的VPP信号。我们再重复一遍，比较器电路可以扩展到处理信号源盒的H和V计数输出的8、9个信号。在这种情况下，都被限制在四位，（1）使讨论更简单(2)从这样的观点出发，每种图形的编程无需用全部八或九位进行比较。

定位信号源计数器是图8-7的IC3和IC4。计数器相互串联，它们能记00000000（十进制0）至11111111（十进制255)的数。比较器的定位信号有256种组合，任何数目的计数器都可以用这种方式串接，以适应具有相等数目输入的扩展比较器系统。

J端表示硬件跨接位置。计数器的状态决定位置的次序，而在计数器输出和比较器输入之间连接的跨接线确定这些位置的意义。

电容C1和C2仅是去干扰电容。它能消除计数器电路所产生的任何瞬间尖峰信号。

图8-7上的插图提供了一些控制计数器的方法。手动时钟选择为人工按钮输入提供一种既简单又可靠的方法。时钟按钮每按一次，由IC5组成的单稳多谐振荡器产生一个10毫秒脉冲，使计数器计数。

按下手动清零中的常闭按钮，可以使两个计数器清零，回到初始零状态。

为讨论起见，假设跨接线JP1连到J1H，JP2连到J2H，JP3连到J3H，一直到JP8连到J4V。计数器清零时，两个比较器电路以0000作为定位信号。换句话说，当32H、64H、128H和256H都等于逻辑0时，HPP出现逻辑1的比较输出。IC2

所指定的V计数信号也是这样。

在这个例子中，读者期望在屏幕上看见什么呢？什么都没有。水平和垂直线条在0000开始，位于系统的水平和垂直消隐区内。假设你将**时钟**（CLK）按钮按下几次（或以任何其他适当方式触发计数器）直到IC1和IC2的输入都是1001。这意味着来自HPP的32H宽的垂直线条出现在256H=1，128H=0，64H=0和32H=1的位置，恰好在屏幕中心右边一点。同一组到IC2的4位是一条由VPP定位的跨过屏幕中心的水平线。如果HPP和VPP输出有效地相与，那么，就在屏幕中心右边得到一个32H×16V的矩形。

图8-8表示在比较器输入所有可能的组合下线条的位置。事实上，它有14个不间断的垂直位置（原有16个可能，一个在垂直消隐区已消失，另一个在屏幕底部和顶部之间分开）。就水平定位而论，它有11个不间断的位置（3个在水平消隐区消失；两个被屏幕的左右两边分开）。

图8-7是由比较器输出产生，并由图8-8的与非门合成的32H×16V的矩形。它能在屏幕上可见的范围内，定位在154个不同的连续位置上。

这154个不同的位置和图8-7电路的时钟输出之间的对应关系取决于计数器和比较器之间跨接线的排列。跨接线按本节前面所述连接（JP1到J1H，JP2到J2H，等……，按顺序直至JP8到J4V），两个计数器清零使图象位于水平和垂直消隐区。在IC1计数到0010和IC2为0001以前，计数器同步运行不会导致明显差别。这时在屏幕右上角出现矩形的一角，计数器继续同步运行使矩形横过屏幕上部，移向右边，并又一次在水平消隐区消失。

出现四个或更多个时钟脉冲以后，图形在屏幕上左边完整地出现（不被荧光屏上部打断），稍低于顶端。然后，矩形随着每一个时钟脉冲右移，直至在水平消隐区消失。

每个时钟脉冲使矩形跨过屏幕往右移动。每移完一次，矩形

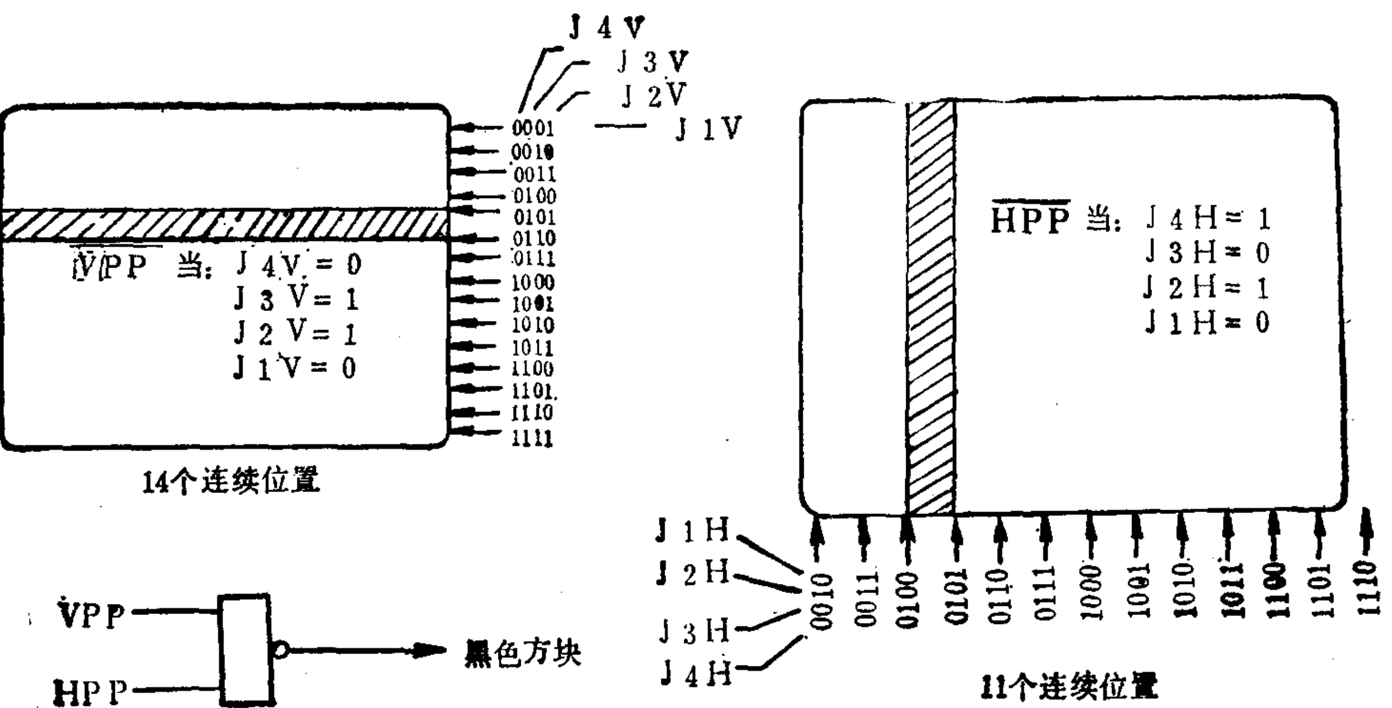


图8-8 位置编程输入参数和屏幕上实际的线条位置之间的关系

又在左边出现，但位置比前较低。计数器可以给出256个位置，其中154个呈现一个不间断的矩形图象。

这个电路的唯一问题是有许多组合在消隐区消失。但这正是图8-7中跨接线选择的优点。跨接线顺序可以这样安排，计数器清零到00000000使矩形非常接近屏幕中心。然后，下一个时钟脉冲可能使图形位于右上角，再下一个脉冲将使矩形更下一点。计数器仍然以通常的二进制顺序计数，但是将跨接线编程打乱可使图形的位置产生变化，没有必要遵循有规则的逐级进行的模式。实际上，图形可以在屏幕上跳过，有时甚至在屏幕上消失。

在这种计数器/比较器电路的基础上设计各种游戏，首先要确定你需要的比较器输入的顺序，然后以这样一种方式连接跨接线，使有规则的记数顺序转变成为你预先规定的位置顺序。本章以后要介绍的高尔夫球游戏就是采用这种方法来设置一种十八穴高尔夫球游戏的穴和球座。

现在，我们又回到图形有规则的越过屏幕的情况。这是否意味着计数器/比较器组合不能用于运动控制呢？事实上，这是可以的。我们先要树立一种编程的概念。图形跨越屏幕，每一次前进一点点，运动速度由时钟频率决定，而运动方向由产生图象运动的比较器决定。

下一节讨论用计数器和比较器在屏幕上产生图形运动的电路。

通用位置编程器

图8-9的通用位置编程电路包括上面所述的位置编程器的所有特性外，还增加了不少别的性能。如图所示，电路能在屏幕上产生HPP或VPP黑条。这决定于送到IC_1和IC_2的输入是H还是V信号。如果输入来自H计数信号源1H到256H，电路输出HPP垂直条。如果IC_1和IC_2的输入来自V计数源，电路输出

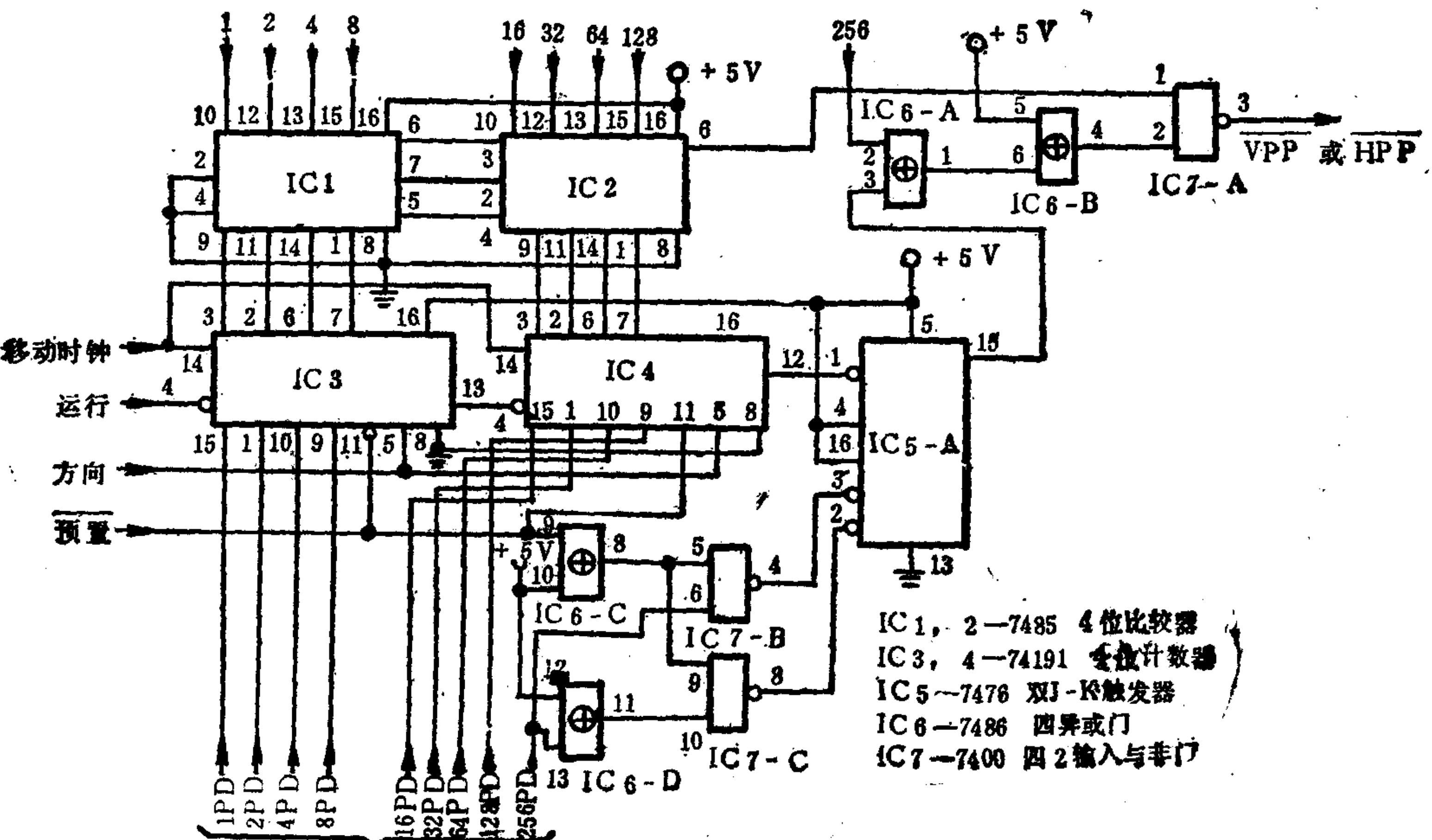


图 8-9 通用位置编程器电路图

VPP水平条。

IC1和IC2是四位量值比较器，它基本上用于本章前面已叙述过的方式。IC3和IC4连同触发器IC5-A一起，组成一个9位预置可逆二进制计数器系统。其中的计数器可以用于上节所述的计数器——位置编程。

图8-10的表显示计数器的各种工作方式，并根据位置编程装置的功能进行转换。

控制输入				操作方式
运行	$\overline{预置}$	方向	移动时钟	
X	0	X	X	PD输入
1	1	X	X	程序存储器
0	1	0	Ω	增加（加计数）
0	1	1	Ω	减少（减计数）

X = 不相关 送入00000000 清零

图8-10 通用位置编程器功能表

功能表的第一行表示置入功能，PD输入的任何9位组合藉助于这一功能输入计数器，并直接传送到比较器。如果PD输入均为逻辑0，置入操作就命令比较器与H或V计数输入00000000相对应。

如功能表第一行所示，置入功能是简单地将PL输入设置为逻辑零建立的。所有其它控制输入都与此无关，这一功能通常与列在第二行的程序存储功能一起使用。**运行**（RUN）输入固定在逻辑1，$\overline{PL}$回到逻辑1。当PL为逻辑0时，输入计数器和比较器的逻辑电平的9位组合在$\overline{PL}$为逻辑1时存储起来。如果需要，读者可以改变PD输入并使电路同步运行。但是只要RUN=1和$\overline{PL}$=1，储存的数据在系统内就保特不变。这种具有存储功能的寄存器不是所有其他位置编程电路都有。

了解置入和存储功能组合的真正应用之前，预习一下其他两种可能的操作方式（它们列在功能表最后二行）是必要的。

置$\overline{PL}$为1，系统脱离置入方式；然后置RUN为逻辑0，系统脱离存储方式。RUN＝0和$\overline{PL}$＝1**移动时钟**（MCLK）输入端的脉冲使计数器计数增加或减少。计数器是增加（加计数）还是减少（减计数）取决于**方向**(DIR)的逻辑电平。如DIR＝0计数器同步相加：如DIR＝1，计数器同步相减。

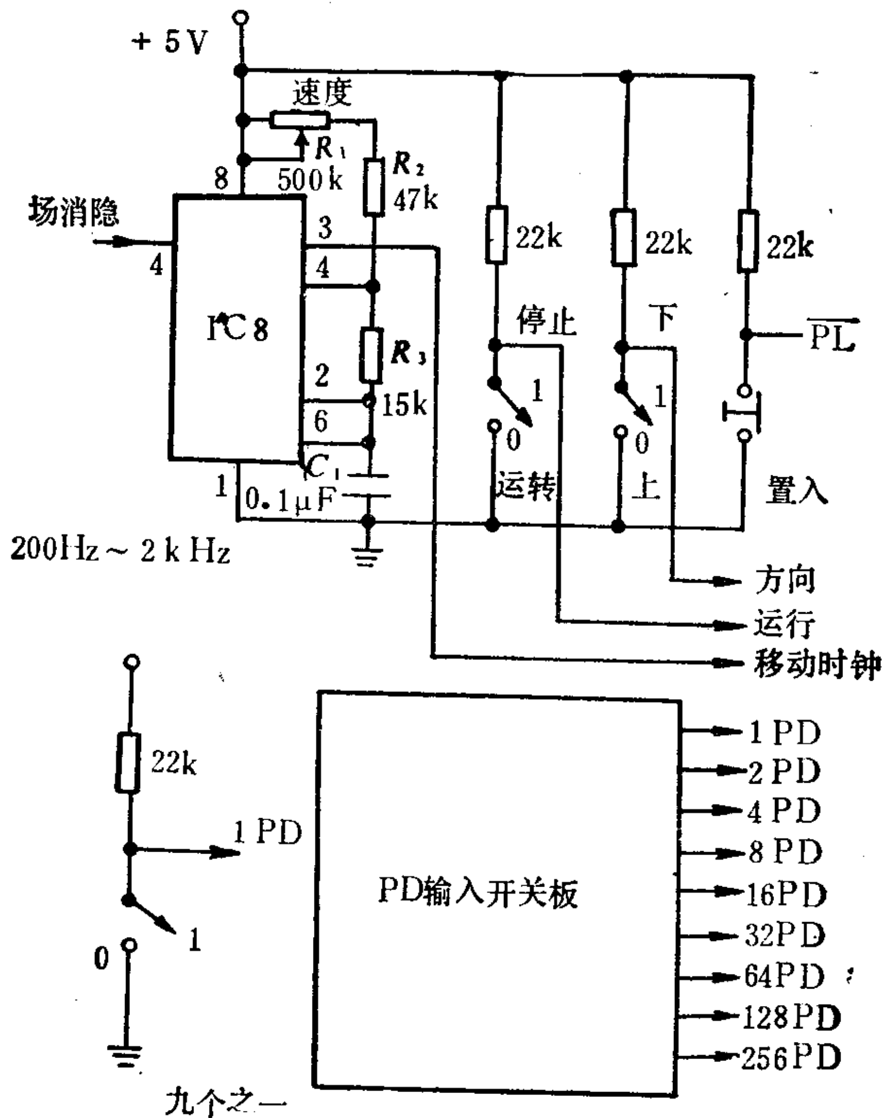


图8-11 通用位置编程器试验用的输入接口

在适当的时候置**运行**为逻辑1，就可以停止某一计数并被存储下来。如需要的话，将**运行**重又置于逻辑0，计数就能由此重新开始。了解和掌握通用位置编程器如何工作的最好方法，也许就是把图8-9电路装在电路板上，并与图8-11所示的控制输入相连。在线路板上安装位置编程器不会浪费时间和精力，它在以后的

一些电视游戏设计中大有用处。输入电路可以装在试验板上，这些部件还可用于其他游戏。

试验第一步，把比较器输入1到128分别与信号源盒相应的H计数信号相接。它产生HPP输出信号，并在屏幕上显示一条垂直的细黑线。图8-12电路告诉读者加宽线条的方法。为了易于观察，把它变成黑底白条。

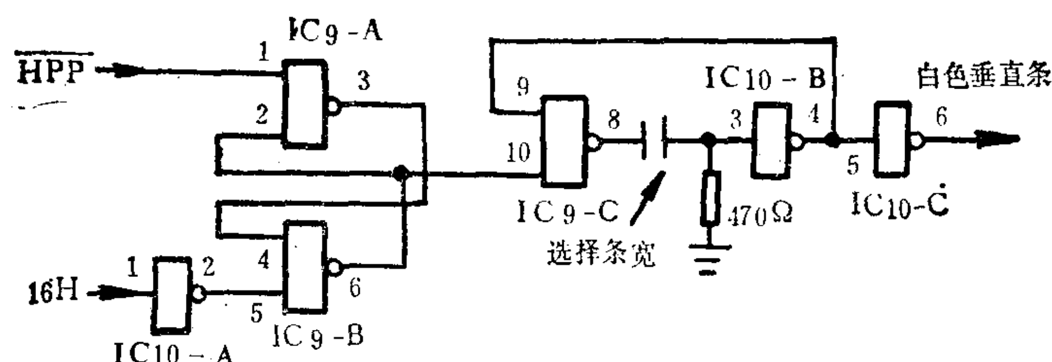


图8-12 通过位置编程器产生的线条加宽电路

用位置编程器试验

试验开始时，**停止/运行**（STOP/RUN）开关置于逻辑1**停止**位置。然后根据要求的线条位置设置9个PD输入开关。在第三章中，一个逻辑1的PD输入就相当于一个不倒相的H计数信号，而逻辑0输入产生H计数信号倒相的效果。

调整PD开关的位置时，屏幕上不会有所反应。这一特性使读者在确定位置编码时，屏幕上没有图象跳动。

现在将PD开关置于恰当位置，产生一个所需的程序组合。按下**置入**（LODA）按钮，荧光屏上的线条马上跳到PD开关预置的位置上。

再试几个位置，首先在PD开关板上编码，然后按**置入**按钮。我们可以将线条以1H的精度定位在屏幕上任何所需的位置上。

一旦掌握了置入和存储功能，就把线条定位在靠近屏幕中间的位置。**置加/减**(UP/DOWN）开关于**加**位置，然后置**运行**

停止开关于运行位置。图8-11的IC8接成自激多谐振荡器，如果工作正常，就可看见线条越过屏幕向右移动。

运动速度主要取决于R_1值。如多谐振荡器工作在频率下限（大约200Hz），线条非常缓慢地越过屏幕。反之，如R_1值使多谐振荡器以大约2kHz频率振荡，则线条以约4秒的时间越过屏幕，走完全程。

IC8本身只能在**场消隐**时间内选通，**场消隐**接至IC8的第4脚。当多谐振荡器工作时，它为图8-9的计数器产生时钟脉冲，有效地改变线条的位置信号。这种改变以有规则的方式进行，在荧光屏上获得相当平滑而又连续的运动效果。多谐振荡器在**场消隐**期间振荡越快，线条通过屏幕也就越快。

运动方向由**加/减**开关决定。该开关最终置**方向**控制输入为逻辑1或0。所以，当**加/减**开关置于**加**时，线条越过屏幕右移；开关置于**减**时，线条左移。

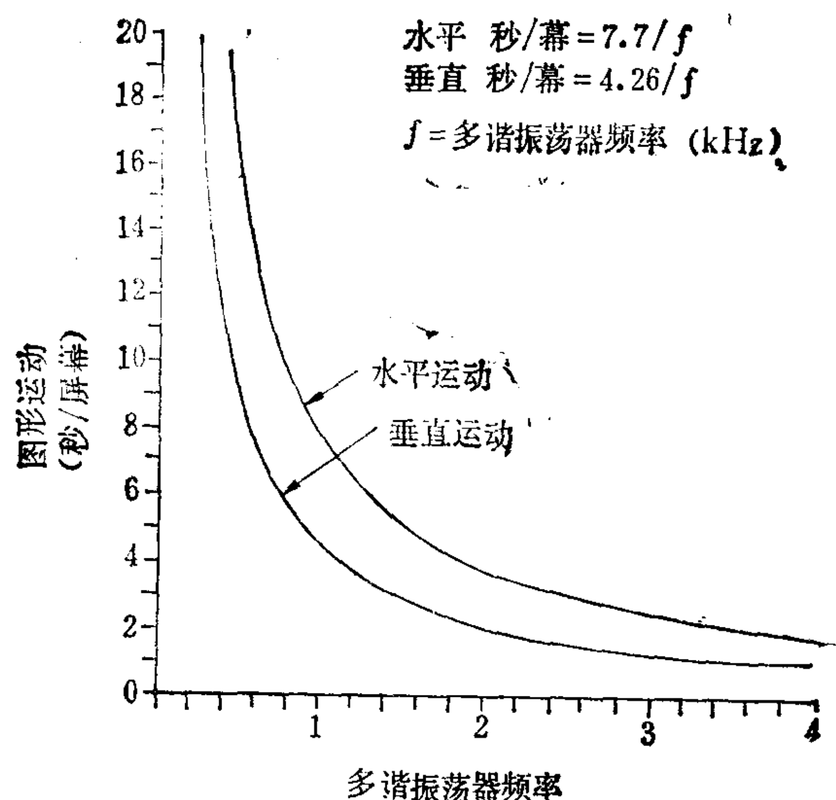


图8-13 确定缓慢运动屏幕周期时间的曲线和方程式

将运行/停止开关置于停止位置，使线条在屏幕某些位置保持不动，运动停止。多谐振荡器通过每个场消隐间隔不断地产生同步脉冲，但因为计数器不工作，所以线条在屏幕上保持不动。

图8—13是一组曲线。它们把多谐振荡器的工作频率转换为表示线条移动速度的数字。这些数字表示线条越过屏幕走完全程所需的时间。例如，信号源盒的H计数信号使系统工作，多谐振荡器的工作频率为1kHz，水平运动曲线表示线条将以大约7.6秒的时间越过屏幕，完成水平运动的一个循环。

图8-9比较器的输入取自信号源盒的V计数信号。线条以垂直运动曲线所示的速率垂直移动。在垂直运动情况下，加/减开关置于加位置，线条向下移动；置于减位置，线条向上移动。（如果这会引起混乱，那么只要记住方向开关的加和减符号是表示计数器计数的方向，而不是线条运动的方向）。

缓慢运动的图形发生器

一个喜欢思考的读者，在这一点上一定会提出一些问题。滑动计数器比较简单，为什么总是以一组计数器/比较器电路来组成图形运动控制电路？对于本章前面叙述过的简单定位电路不能做到的工作，这种通用位置编程器又能做些什么呢？

这两个问题在下面都可得到回答。通用位置编程器的确是一个比任何滑动计数器和其他位置编程器复杂得多的系统。事实上，它要执行的某些操作，是用简单电路实现不了的。

图8-9的编程器电路产生的运动速度是我们所关心的。在图7-22滑动计数器动作控制电路是用操作速度进行分析的。根据那个表，它不可能产生小于每屏幕6.2秒的图形速度。对图形的最慢循环时间要么是无穷大（图形不动），要么是6.2秒。

然而，利用通用编程器作为运动控制电路，允许图形的循环时间约为20秒。实质上，通用编程器可作为一个超慢速运动发生器使用。一个图形在6.2秒（滑动计数器电路的最大时间）内越过

屏幕，这对许多游戏来说都太快。在这种情况下通常用编程器进行补救。

图8-14的电路是一个实际的运动控制电路，它由一对通用位置编程器组成。在这种场合下。图8-9上的两个电路都需要，一个用于控制垂直运动；而另一个用于控制图形的水平运动。

两个运动电路都由它们各自的多谐振荡器使其同步。IC 1-A产生垂直速度脉冲，而IC1-B用于产生水平位置编程器的**移动时钟**脉冲。这两个位置编程器共用一个由IC2-A和IC2-B组成的位置初始化电路。每当IC2-A第1脚**初始化**输入端有负向脉冲时，就把预定的位置码输入位置编程器。只要系统保特在初始化状态，计数停止，位置编程器直接从相应的PD输入端取出定位信号。

然而，系统的**移动**输入端的负向脉冲使两个编程器的PD输入为逻辑1，电路从置入方式转到计数方式。这样，图形就能在荧光屏上自由移动，其速度由R_1和R_4的值决定。

水平运动方向由H**方向**（H DIRECTION）输入的逻辑电平决定。如果是逻辑1，图形向左；如果是0，则向右。同理，垂直运动的方向由V**方向**(V DIRECTION)输入决定，如果是逻辑1，图形向上，如果是逻辑0，则向下。

置停止输入为逻辑1，图形就能在屏幕上任何一点停下来。它只是使运动停止，并不使图形处于初始位置。置**停止**输入为逻辑1，相当于把停止码(1001或十进制9)送进滑动计数器动作控制电路。

如图8-14所示，动作控制电路是一种模似和数字混合系统。运动速度由两个电位器所处的位置决定。这一特性给游戏操作带来很大的方便。但是方向、停止和初始化控制又是数字的，这在大多数场合下也是一种优点。

如前面几章所述，图形的速度常常需要由某些内部电路来控制。自动速度控制在本质上应该是数字的。这个电路应能接收决

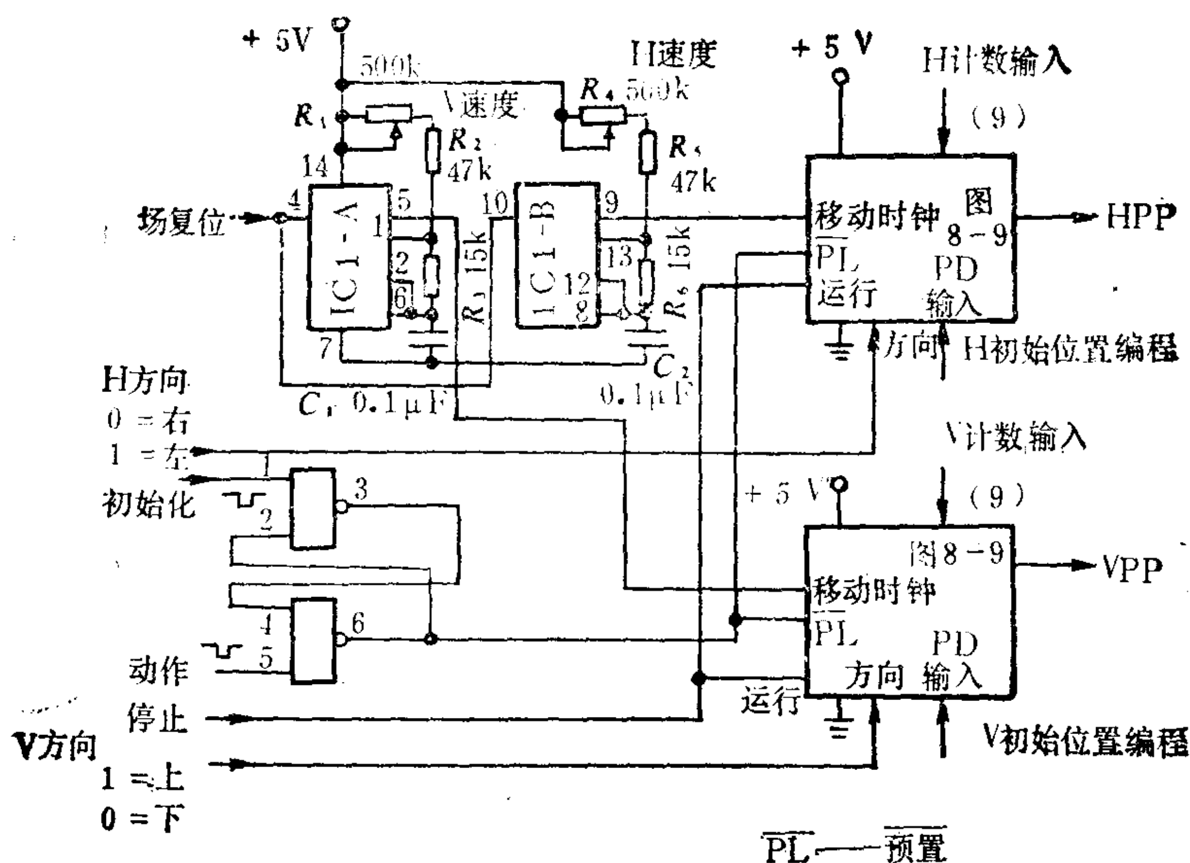


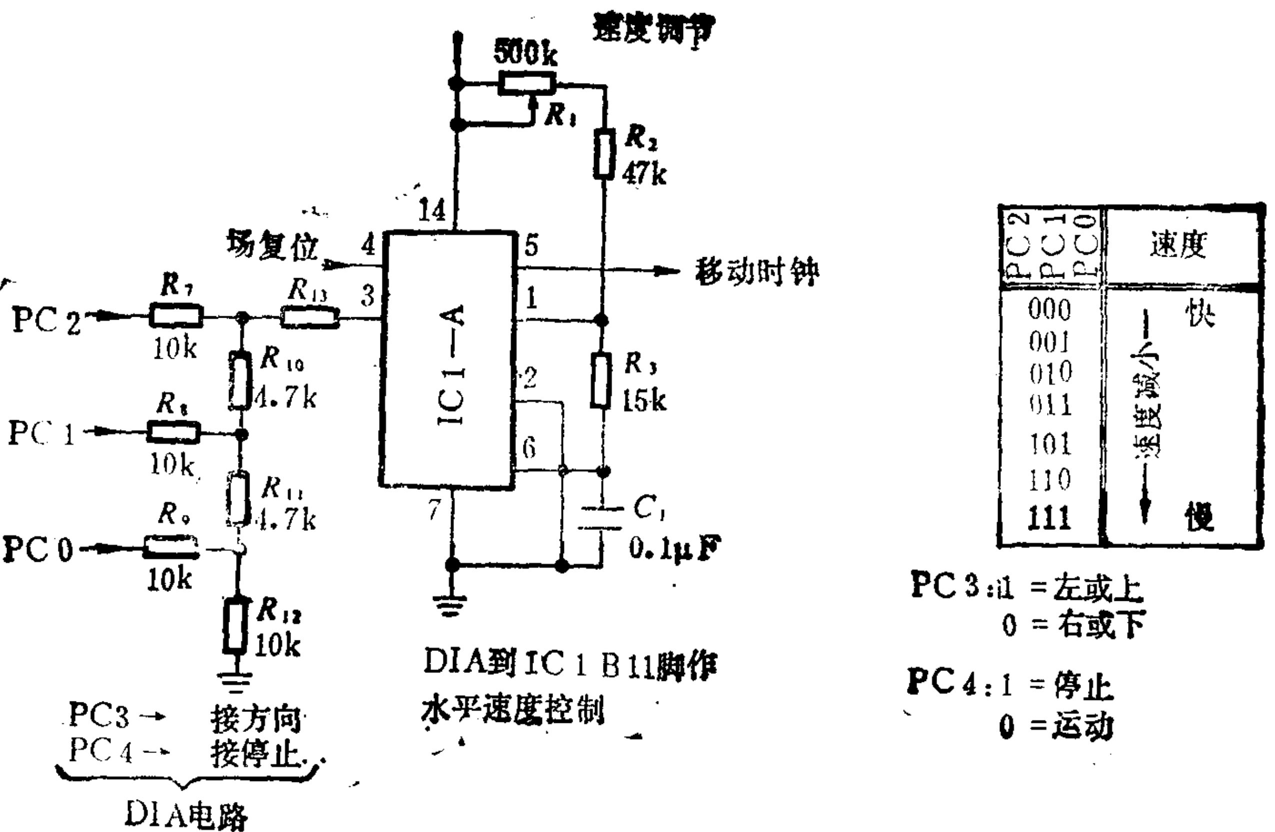
图8-14　由比较器位置编程器组成的实际运动控制电路

定图形速度的二进制字码。

就滑动计数器来说，最通常的图形速度控制方法是送入一个四位二进制字，它基本上是数字电路。把滑动计数器运动控制系统转换为电位器控制系统，是一个要求有模拟—数字（模/数）转换器的复杂过程 。

这一情况恰好与通用位置编程器相反，它最容易接受电位器的速度控制。如果需要用数字方式控制速度，那么就需要加一个数字—模拟（数/模）转换器。图8-15就是一个简单的数/模转换器电路，它最适宜于确定运动速度。

在这种情况下，数/模转换器为一个由R_7到R_{12}组成的二进制梯形网络。正如电路附表所示，PC输入有八个可能的1和0的组合。IC1A是与图8-14符号相同的多谐振荡器，要对垂直和水平



PC2 PC1 PC0	速度
000	快
001	←速度减小→
010	
011	
101	
110	
111	慢

PC 3:1 = 左或上
0 = 右或下

PC 4:1 = 停止
0 = 运动

图8-15 数/模转换器电路和数字控制速度输入表

运动进行全部控制，就需要两个这种电路。

然而，重要的一点是数/模转换器要把有8种可能组合的三位二进制输入代码转换为与该二进制数的大小成正比的电压。例如，三位输入000，在IC1-A的第3脚产生比较低的电压，从而使多谐振荡器的频率升高，快于仅由R_1值决定的速率。当三位输入代码向最慢速度代码（111或十进制7）方向增加，IC1-A的第3脚电压向+5V增加，从而使多谐振荡器相应地以较慢的速度工作。

如果图形是手控的，采用电位器进行速度控制最适合。图8-14电路可以这样组成。另一方面，如果图形速度由三位二进制数控制，图8-14多谐振荡器应有经过图8-15电路转换后的控制电压输入。

当用图8-15电路时，置PC输入为111，并仔细调整调速电阻，使图形处于你想看到的最慢运动状态。然后置PC输入为000，如果需要的话，重调调速电阻，使其达到最快速度。然后在000和111之间改变PC输入，细调调速电位器，直至获得适合于游戏的两个极端速度。调速电阻一旦定好，就不便于再调整了。

这个三位速度控制电路，还可增加两位或更多的位。图8-15的PC3就是一个附加位。它可接到**方向**端以控制运动方向。第5位，PC4可以接到**停止**端以决定图形在屏幕上运动或停止。它产生的5位数码可以控制图形运动的速度和方向。当然，要控制图形的水平和垂直运动，那么需要两组控制字。

本章后面要讲的三种电视游戏，将对所有位置编程电路的应用进行说明。

九穴高尔夫球

本章以高尔夫球游戏作为一个例子来说明如何应用计数器/比较器电路作为游戏编程器。这个游戏由九种不同图案组成。每

种都有不同的高尔夫球草地、穴和球座。游戏者每按一个**发球**按钮，屏幕上就出现不同的穴、草地和球座图形。

如图8-16所示，游戏者有一组标有上/下和左/右的调节装置。按下**发球**按钮将球发出后，游戏者按自己的希望控制球的速度和方向。当游戏者认为满意后，按**挥棒**（SWING）按钮，将球射出。在固定的时间内，球越过屏幕向着草地和穴位移动。

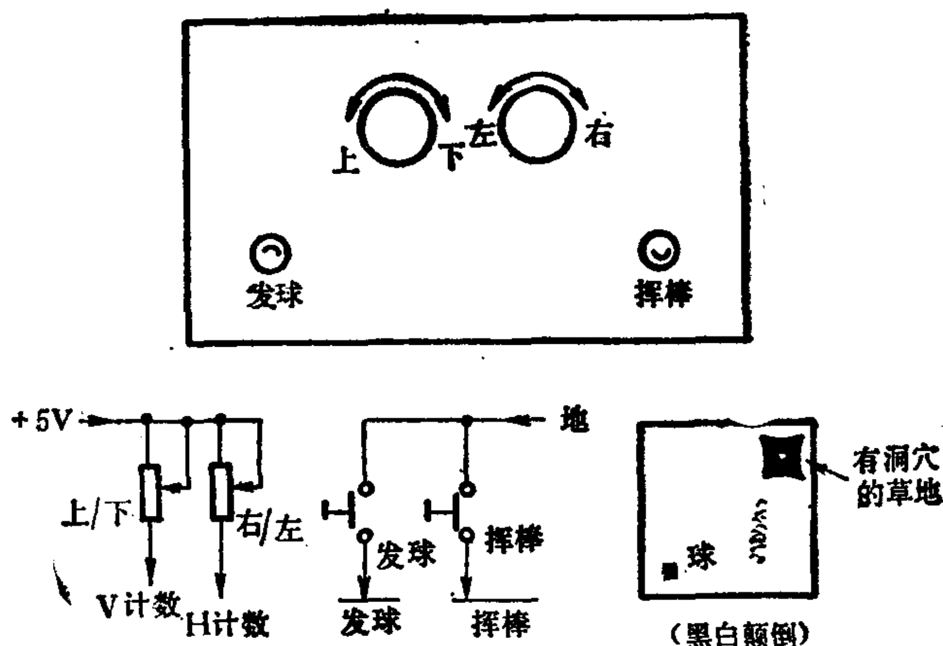


图 8-16　高尔夫球游戏机的控制面板、电原理图和荧光屏上显示的图形

当球停下来，游戏者重调控制器，然后按**挥棒**按钮，使球"入穴"。得分后，游戏停止，只要再按**发球**按钮，游戏又重新开始。这一过程可以充分发挥编程的特点。球将处于新的发球位置，游戏者将面对一个完全不同的情况。

图 8-16 屏幕上的图形正是球和草地的九个不同初始位置之一。在进第九穴后，九穴循环重新开始。

除了令人信服地说明位置编程电路的应用外，这个游戏还包括一些有关图形速度控制的新想法。如前所述，游戏者按**挥棒**按钮后，球在固定的时间内运动，只要球不在草地上，它就以相应

高的速度移动，但一旦到了草地，它的速度就减半，并在较短的时间内运动。

当球在草地上运动时，颜色也会改变。通常，球是一个小的白方块，草地也是白的，但当球到了草地，它的颜色就由白变黑。

这里叙述的高尔夫球游戏，在球运动过程中没有障碍。但电路板有一些为以后增加障碍而设的接线端子。表示穴和得分的数字也可以在以后加入。

高尔夫球方框图

高尔夫球游戏的基本框图如图8-17所示。当游戏者操纵发球开关，程序计数器往前计数建立草地和穴的新位置。球位于由程序计数器和**球H初始位置**电平所预先确定的点上。

游戏者按**挥棒**开关前，球一直保持在初始位置。按下**挥棒**开关后，**球行程计时器**工作，滑动计数器使球往一个方向运动，其速度由游戏者控制器确定。当球定时时间结束，**球速控制**使球速为0，球在荧光屏上停止不动。当游戏者再按**挥棒**开关，球从这一点开始运动。

当球到达草地，**"球在"草地**（BALL ON GREEL)电路产生的逻辑电平，使球颜色从白色转变为黑色，并减低球速和行程时间。

球达到草地，向穴滚去，一旦**记分**方框检测出球和穴接触，它就使**球行程定时器**复位，使球停止运动，并将SWING开关锁住，直到使整个系统重新处于初始位置，再按动**发球**开关，球才能运动。

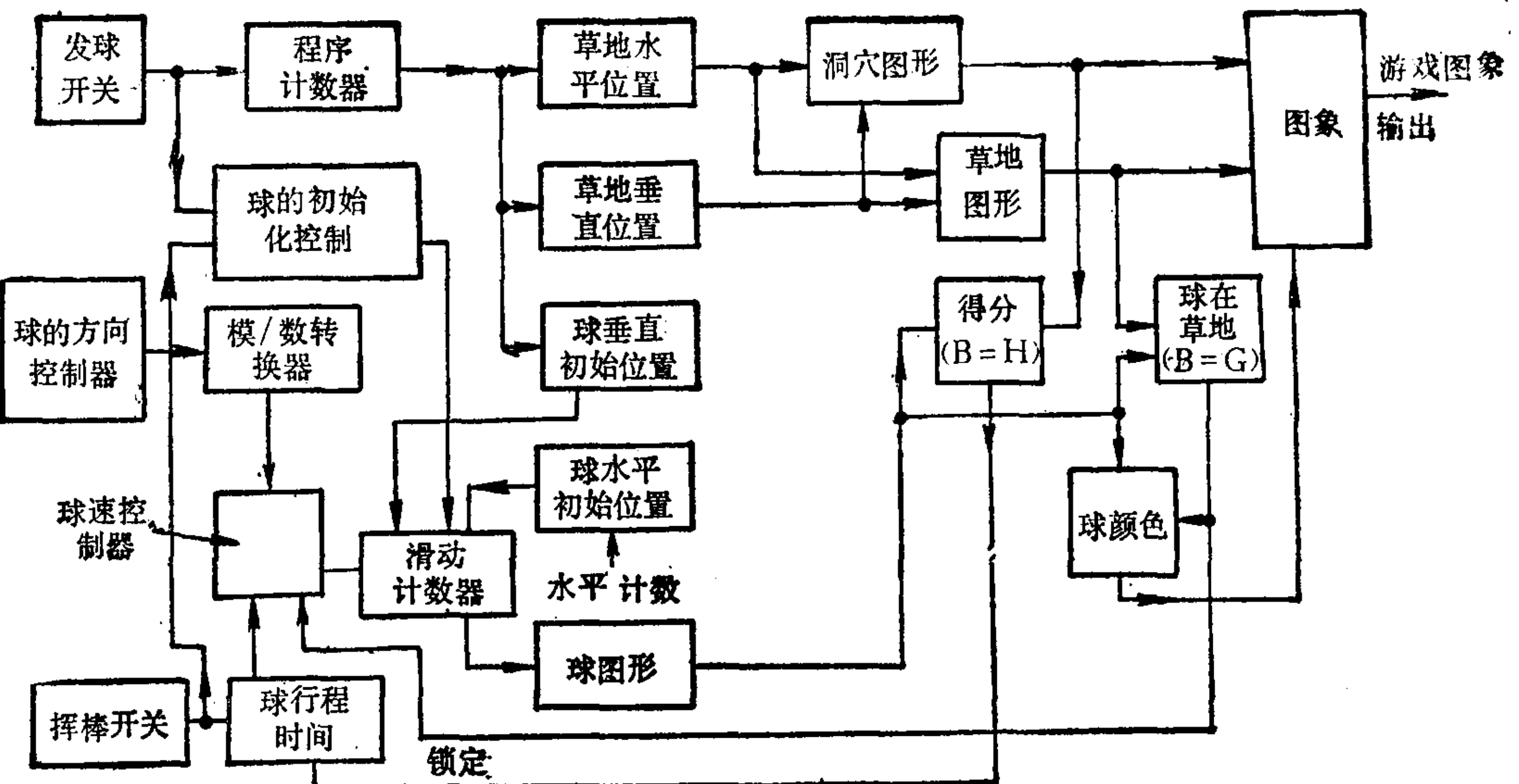
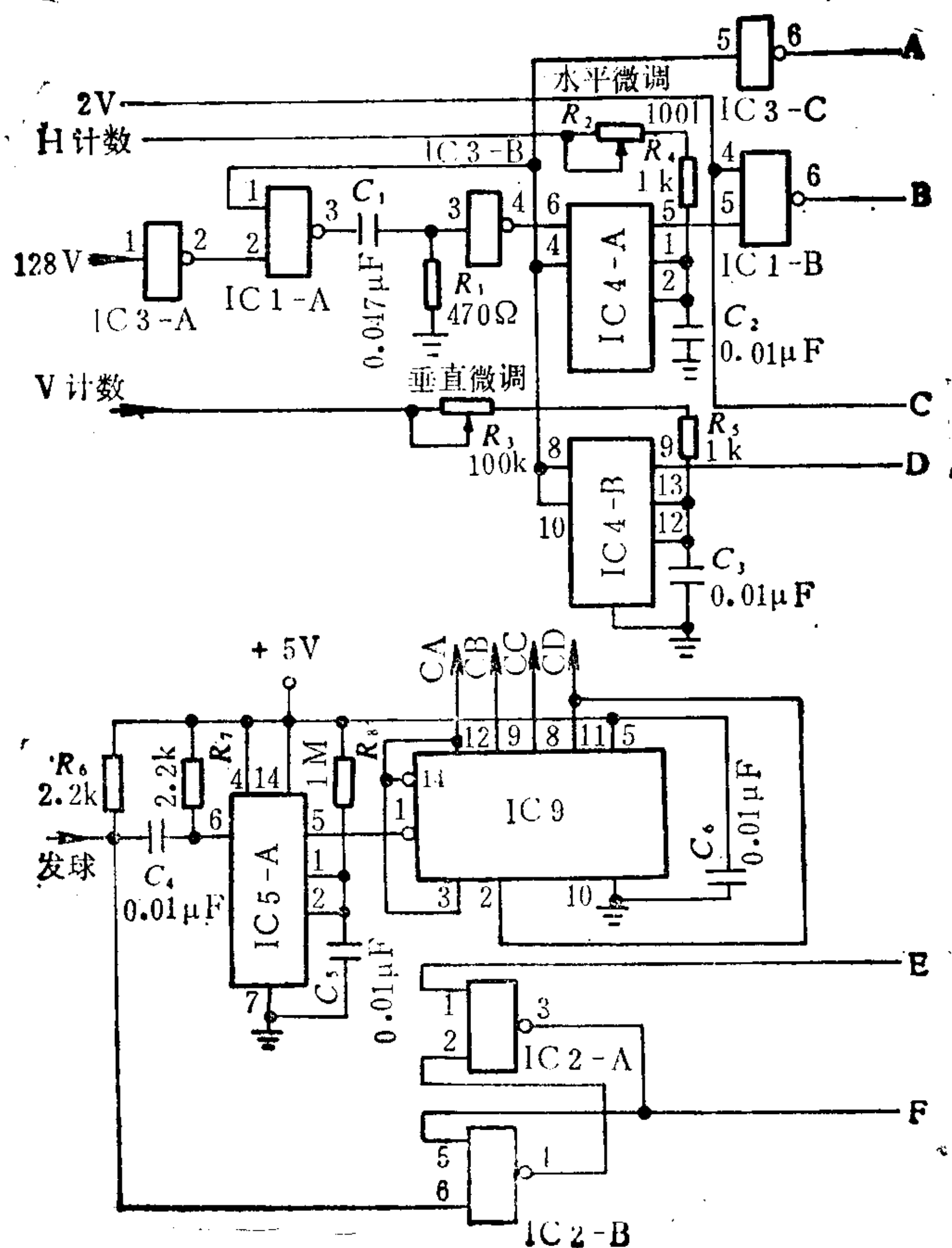


图8-17　高尔夫球游戏功能方框图

本章所述高尔夫球游戏需要四块电路板——图8-18、8-19、8-20三个板和图5-15的滑动计数器板。图8-17的功能方框图和图8-22的接线图，对学习这些电路板很有帮助。



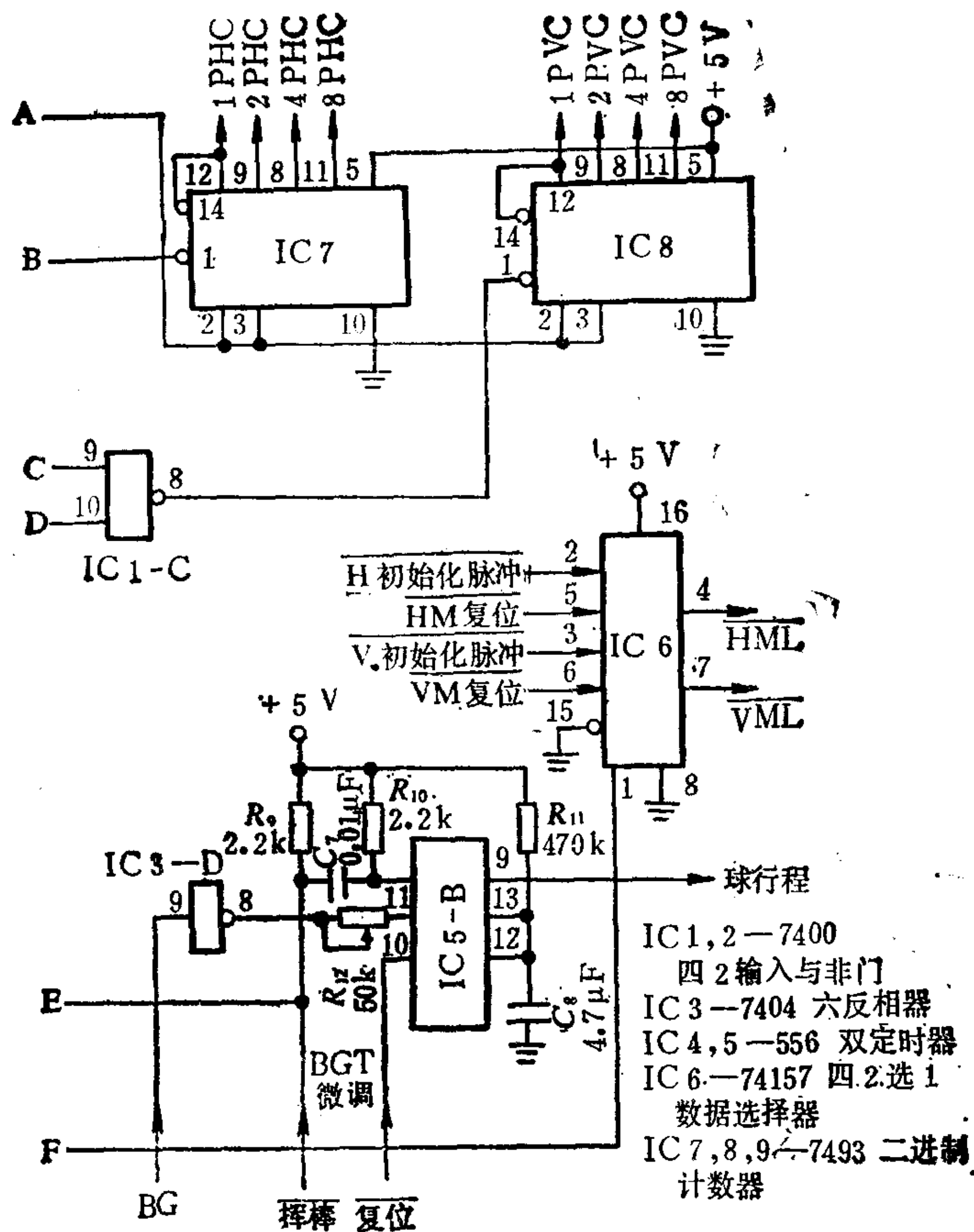


图 8-18 高尔夫球游戏逻辑电路板原理图

图8-18逻辑板包括程序计数器，球初始化控制，球行程计时器和功能方框图上所示的模/数转换器方块。

按下控制台上**发球**按钮产生一个逻辑0电平，它与逻辑板的**发球**输入相连。IC5-A输出一个10毫秒单稳脉冲，使程序计数器IC9计数增加。

IC9是一个四位二进制计数器，它有9个不同的二进制状态，

即0000（十进制0）到1000（十进制8）。每按下**发球**按钮一次，IC5-A就产生一个脉冲，计数增加。程序计数器的输出标号从CA到CD，CA是最低的有效位。

$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器由IC2-A和IC2-B组成。当**发球**开关被按下后，IC2-A的输出为逻辑0，它与2选1数据选择器的选择输入，即IC6的第一脚相连。只要IC6第一脚为逻辑0，$\overline{HINTP}$和$\overline{VINTP}$初始化脉冲直接送到该IC的$\overline{HML}$和$\overline{VML}$输出。因为这些输出最终要去滑动计数板，按下**发球**开关后使滑动计数器处于初始化状态，反过来它又使球预先置于球座上。这个电路是整个系统中球的初始化控制部分。

球的行程定时器是由图8-18的IC5-B为主构成。它是一单稳多谐振荡器，由**挥棒**来的负向逻辑电平启动。如果IC5-B的第10脚$\overline{\textbf{复位}}$处于逻辑1，按下$\overline{\textbf{挥棒}}$开关，开始定时。

挥棒输入也可连接到R-S触发器的复位输入端。当游戏者按下控制台上的**挥棒**按钮后，IC2-A的输出变为逻辑1，滑动计数器从$\overline{\text{HM}\textbf{复位}}$和$\overline{\text{VM}\textbf{复位}}$取出信息来改变IC6的状态。换句话说，如果球的位置在按下**发球**开关后刚好初始化了，那么按下**挥棒**开关将使球释放，从而可以越过屏幕。

让我们回到球行程定时器IC5-8。行程时间主要决定于R_{11}和C_8的值。但第11脚的输入对行程时间也有影响。只有当球正好碰到草地时，逻辑板的BG(球碰草地)输入才为逻辑1。IC3-D使逻辑1电平反相，并通过BG微调电位器R_{12}加到IC5-8的第11脚。降低第11脚的电压将缩短单稳的计时时间，它给人一个印象，当球碰到草地时速度变慢了。

换句话说，球离开草地经过的时间比在草地上经过的时间更长。R_{12}可调整击球和轻击进洞之间的速度差。

每逢球到达洞穴时，IC5-B的**复位**输入锁住球的行程定时电路。球一旦到了洞内就不能运动了。只有按下**发球**开关，它才能够释放，并使系统在一个新的起点上开始工作，这一点由程序计

数器确定。

图8-18中模/数转换电路是将电位器来的模拟量转换成数字量以控制球的速度。这个电路取自图7-12。**水平控制**(H CONT)和**垂直控制**(V CONT)输入，直接来自控制台上的电位器（或控制杆）。

A/D速度控制器的水平部分主要由IC4-A和计数器IC7构成。速度实际上由操纵台上的**右/左**（RIGHT/LEFT）控制，微调电位器R_2用作速度校准。将控制台上的**右/左**电位器置于右边最大速度，然后微调**水平微调**（HTRIM）旋钮从而获得所需的右边最大速度。用相同的方法进行调整，可以得到左边最大速度。

右/左控制器在它的两个极端之间连续操作，如有必要调整**水平微调**以获得平滑的左右控制。

上述调整程序完全适用于上下速度控制。先调**加/减**控制器，然后用**垂直微调**对两端进行校准。从图上可以看出IC4-B和计数器IC8产生球的垂直运动数码。

模/数转换器部分的输出是1PHC到8PHC（水平速度和方向码）和1PVC到8PVC（垂直速度和方向码）。

图8-19为接线方框图上的图形板电路。它包括将程序计数器的输出转换为洞和草地的位置信号，检测球和草地或球和洞穴之间的接触情况，而且当球运动到草地上时颜色由白变黑。

草地的大小和位置由比较器IC7和IC9决定，IC7决定水平部分；IC9决定垂直部分。这两块集成电路将线路板输入CA到CD与原始信号单元水平和垂直计数信号进行比较。我们还记得"C"输入来自图8-18逻辑电路板上的程序计数器。

这两个比较器进行编程后，使草地的水平位置处于屏幕右边七个位置中的一个，垂直位置处于顶部到底部之间四个位置当中的一个。虽然总共有28个可以置放的位置，但是程序计数器只允许有9个。编程情况将留给读者自己分析，或许要进行变换，使

自己选择的草地出现在应该出现的地方

当球置于球座时，IC8用编程计数器"C"状态使球定位，荧光屏上从顶部到底部之间有七个可能的位置，但由IC5-CH计数输入所决定的水平位置只有一个。

球的初始位置数据由脉冲产生器转换为脉冲信号，它作为滑动计数器初始化脉冲BHINTP和BVINTP离开。

上面的讨论概括了比较器型编程电路的目的和应用。洞穴由图8-18中的程序计数器计数。计数器的输出CA到CD是三个比较电路的编程输入。比较器决定草地的相对位置和球的初始位置。就图8-19的电路而言，剩下的问题是如何形成图形。

草地图形的水平分量来自IC7比较器的第6脚。垂直分量来自IC9的第6脚。它们在与非门IC2-B相与，构成一个低电平有效的草地图形。

比较器的输出还送到两个3输入与非门IC5-A和IC5-B的输入端。这两个门负责在草地中心附近产生小黑洞。IC5-A产生洞穴的水平部分，而IC5-B产生垂直部分。

该洞的两个分量在IC3-B有效地相与产生一个高电平有效的洞穴图形。草地和洞穴图形在IC3-C组合，产生一个中心有黑洞的白色草地图象。它们的位置由比较器IC7和IC9的编程决定。

球的图形由滑动计数器板的最高有效位输出构成。水平滑动计数器每一次复位，256HM信号产生负跃变，IC1-B和IC6-E的作用使之转换成负脉冲，这个脉冲使屏幕上高尔夫球图形和水平部分固定。IC2-D和IC6-F起同样的作用，128VM使高尔夫球图形的垂直部分固定。

高尔夫球图形的两个分量在IC3-A合成，产生一个高电平有效的高尔夫球图形。该图形送到几个不同的门电路，包括在IC6-B与草地和洞穴的图形结合，产生复合的游戏图象输出信号。这个特殊的异或门还负责改变球的颜色。它在黑色背景呈白色，而在黑色背景上呈黑色。

高尔夫球图形也与IC2-A的一个输入端相连。它是一个接触检测器，当球与洞相碰时，就有信号输出（IC3-B的输出是洞穴图形）。

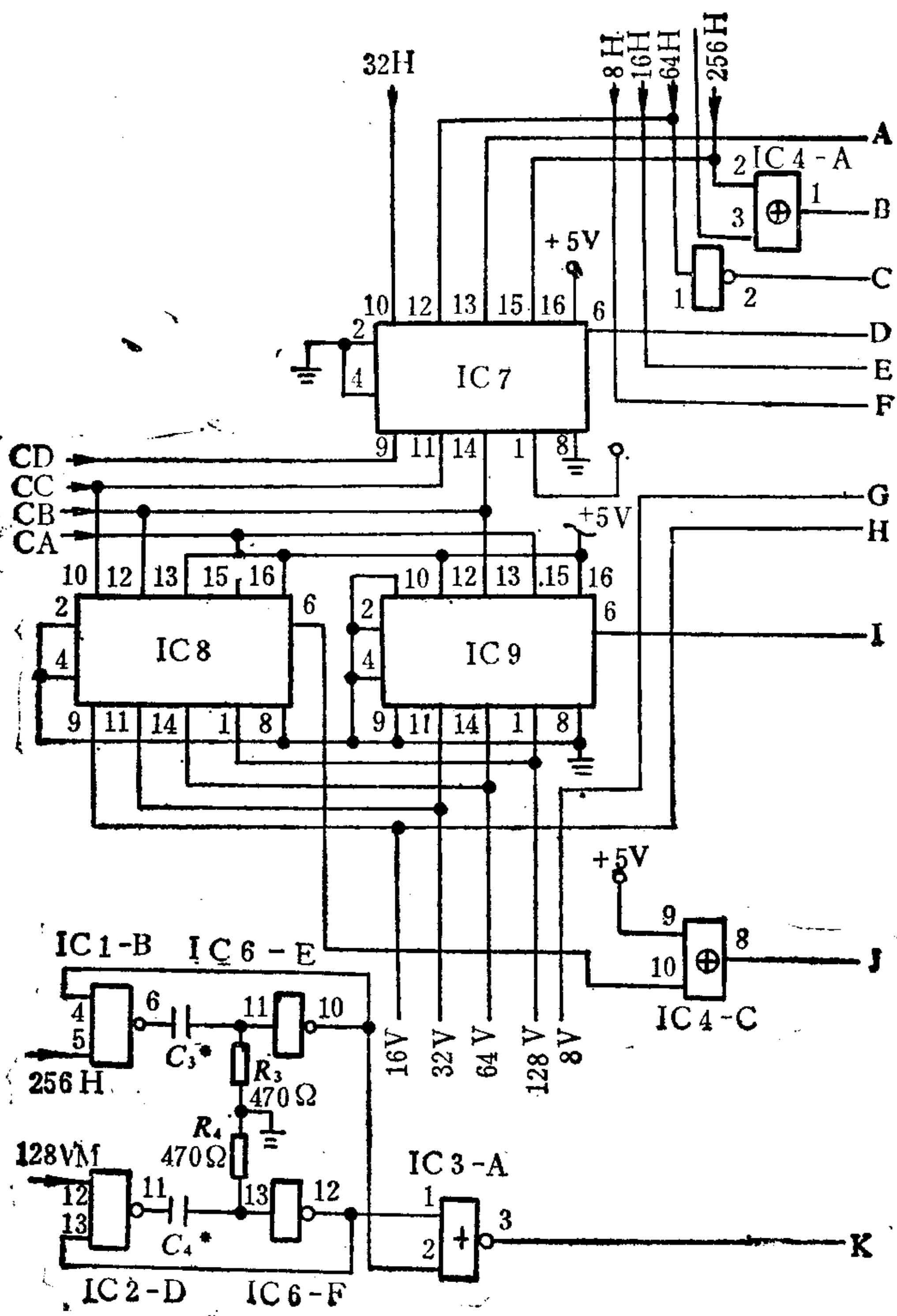
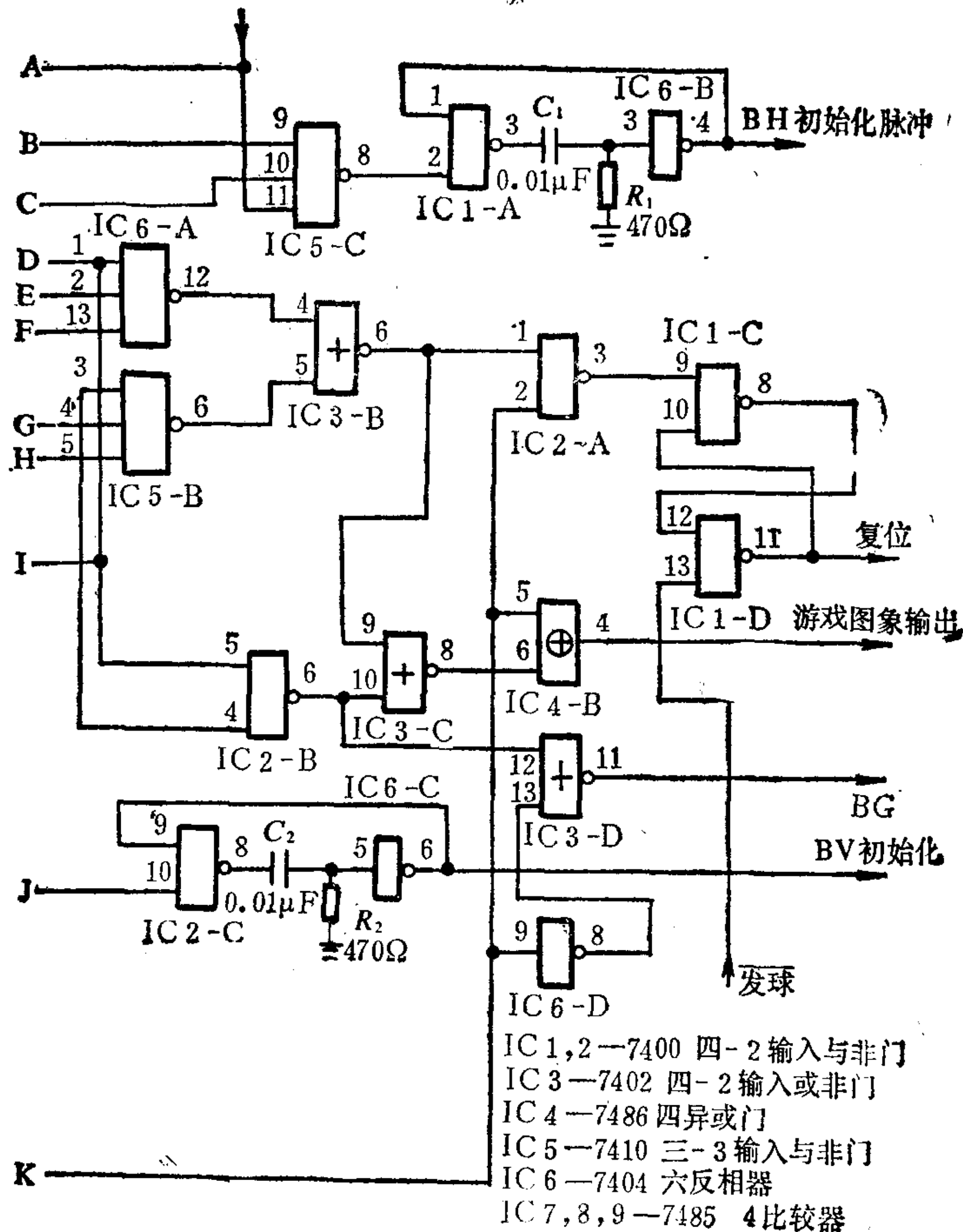


图8-19 高尔夫球

图8-20游戏控制板的主要目的是控制球发出后的运动。当球处于初始位置时，它由滑动计数器的初始化脉冲（$\overline{\text{HINTP}}$和$\overline{\text{VINTP}}$)的同步作用保持不动。但当游戏者按下挥棒按钮，球就



• 注：C_3确定球的宽度，C_4确定球的高度

游戏图形板电路图

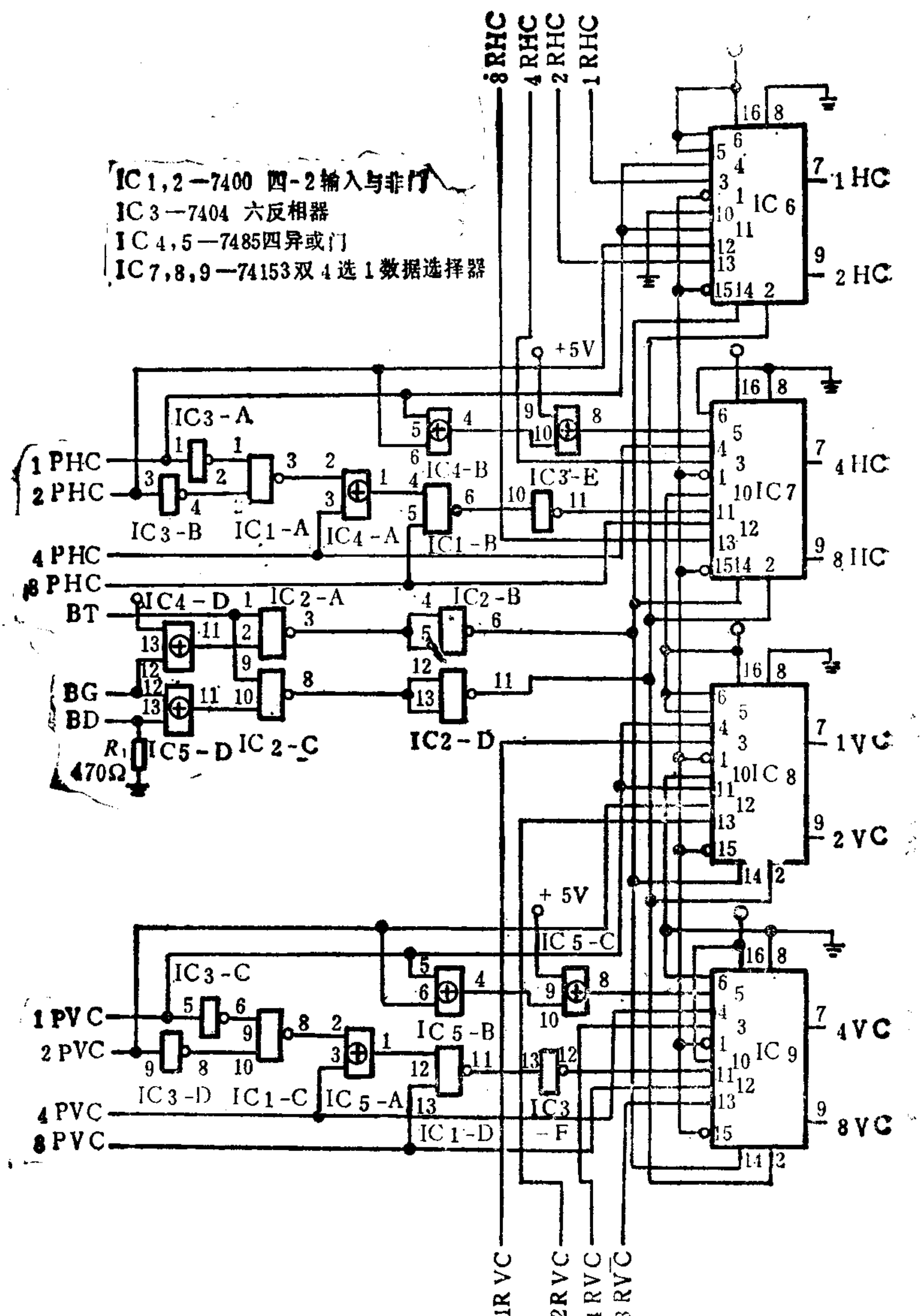


图8-20 高尔夫球游戏控制板电路图

运动，而且不再受初始电路的控制，直到游戏者按下TEE按钮和球进入洞穴。一旦球发出以后，它的运动就受游戏控制板的控制。

向滑动计数器板供给HC和VC速度和控制信号使控制板工作。这些控制信号的作用在第五章已详细地叙述过了。从图8-20可以看到一组完整的信号，即1HC至8HC和1VC至8VC，从这个板上输出。

这个电路在叙述过的滑动计数器控制字发生器中是独特的，因为它能够产生四组控制字组中的任意一个。它能够产生停止码（1001），全速码、半速码和特殊的弹回码。该电路将在以后的高尔夫球游戏中应用。

图8-20中IC6、7、8、9是四个速度码的选择电路。它们实际上是双4选1数据选择器。根据2脚和14脚2位选择输入端的状态，来选择四个不同的输入逻辑电平中的一个。

IC2-A的输出送到IC1-C和IC1-D组成的R-$\overline{S}$触发器的输入端。当游戏者按下发球按钮后，触发器的$\overline{复位}$输出为逻辑1。这个状态一直继续到球与洞接触，它表示高尔夫球进了一个洞。

$\overline{复位}$与图8-18的高尔夫球行程定时器IC5-B的复位输入相连。当高尔夫球图形与洞接触后，行程定时器有效地锁定，使得按下挥棒按钮，球也不能移动。这种情况清楚地表明游戏者已经成功的击中球穴。

解除锁定信号$\overline{复位}$的唯一方法是按下发球开关，它使球离开洞穴进入击下一个高尔夫球洞穴的初始位置。

最后，高尔夫球图形从IC3-A经IC6-D倒相，到或非门IC3-D的输入端。它在这里与图形相与产生BG信号，它表示球在草地上的逻辑电平。该信号用于降低球速和缩短行程时间。它怎样使行程时间缩短已在叙述图8-18高尔夫球行程定时器时讲过了。它的减速作用将作为游戏机控制板操作原理部分在后面进行讲述。

了解如何在四组不同的控制字中选择其中的一组之前，我们

应当准确地了解这四组不同的控制字。

这个速度控制系统必须包括HC和VC输出的停止码。当高尔夫球行程定时器结束定时时，需要停止码停止球的运动。

该系统还必须有两个供选择的高尔夫球速度信号源。一个直接来自模/数转换器，另一个是模/数转换器速度的二倍。球在运动过程中需要有两个速度，它在接触草地以前是全速度运动，到达草地后，速度降低一半。

图8-20中几个电路用于处理两种速度信息。第七章的空中激战游戏也是用同样的方法处理的。其想法是自动地改变球矢量的速度而不改变它的方向，我们可用图7-23的电路来实现。

图8-20中的电路包含速度和方向两个培增器。其中一个处理PHC输入数据，另一个处理PVC数据。当这两个电路的输出通过选择器送到HC和VC输出端时，高尔夫球运动的速度是没有通过选择电路时的速度的两倍。

在高尔夫球游戏中，当高尔夫球接触草地之前球速数据取自2倍矢量培增器。当它一到达草地，速度和方向数据就直接从PHC和PVC输入中选择，球速降低了一半。

这三个速度和方向信号源（停止码、2倍矢量速度、常规速度）仅用于这一种游戏。电路板上还提供第四种选择。

第四种选择是一种回弹效应，球在运动过程中遇到障碍发出信号，因为障碍物不包括在这个游戏格式内，所以没有使用回弹电路。但是在本章后面，我们就要专门讨论回弹效应，那时高尔夫球游戏机将要加进障碍物。

目前，球速和方向选择器可以从RHC和RVC输入取得信号，障碍接触输入BO在正常情况下R_1使它为逻辑0；所以只要输入端不与其他连接，障碍回弹输入(RHC和RVC输入)就不会被选择。

图8-20电路可以选择四个速度和方向信号源中的一个，但是只有三个用于高尔夫球游戏。

到HC和VC输出的球速和方向信息源由BT和BG输入确定。目前，特殊的回弹选择输入BO将略去，BT和BG输入与HC和VC输出端所选择的球速和方向信号之间的关系如图8-21上的功能表所示。

BT信号是一个高电位有效的逻辑电平，只要高尔夫球行程定时器工作，它就处于逻辑1。它表示球在运动。只要BT=0，球就不再运动了。

控制板的BG输入是一个表示球是否在草地的信号。球如果不在草地，BG=0，当球与草地接触，BG就转换到逻辑1。

根据图8-21功能表，当BT=0时，电路选取滑动计数器的停止码（1001）。换句话说，当高尔夫球行程定时器不对挥棒动作定时时，球就停止运动。

BT BG	HC输出	VC输出	球运动
00	停止码	停止码	停止
01	停止码	停止码	停止
10	2×PHC码	2×PVC码	快-球不在草地
11	PHC码	PVC码	慢-球在草地

注：这些功能假定，回弹选择输入BO固定在逻辑0

图8—21 高尔夫球速度控制功能

当BT=1和BG=0时，电路就选择2倍矢量功能。用游戏的术语来说，球正在飞行，但是尚未到达草地。球往一个方向运动，速度为两倍，它受模/数转换器的输出控制。

当BT=1和BG=1时，选择器电路直接从模/数转换器取出数据。当球继续运动，并接触草地时，出现这种状态。总的效果是它的运动方向相同，速度为原来的一半。

高尔夫球接线方框图

图8-22是该高尔夫球游戏的接线方框图，它需要四个40脚的

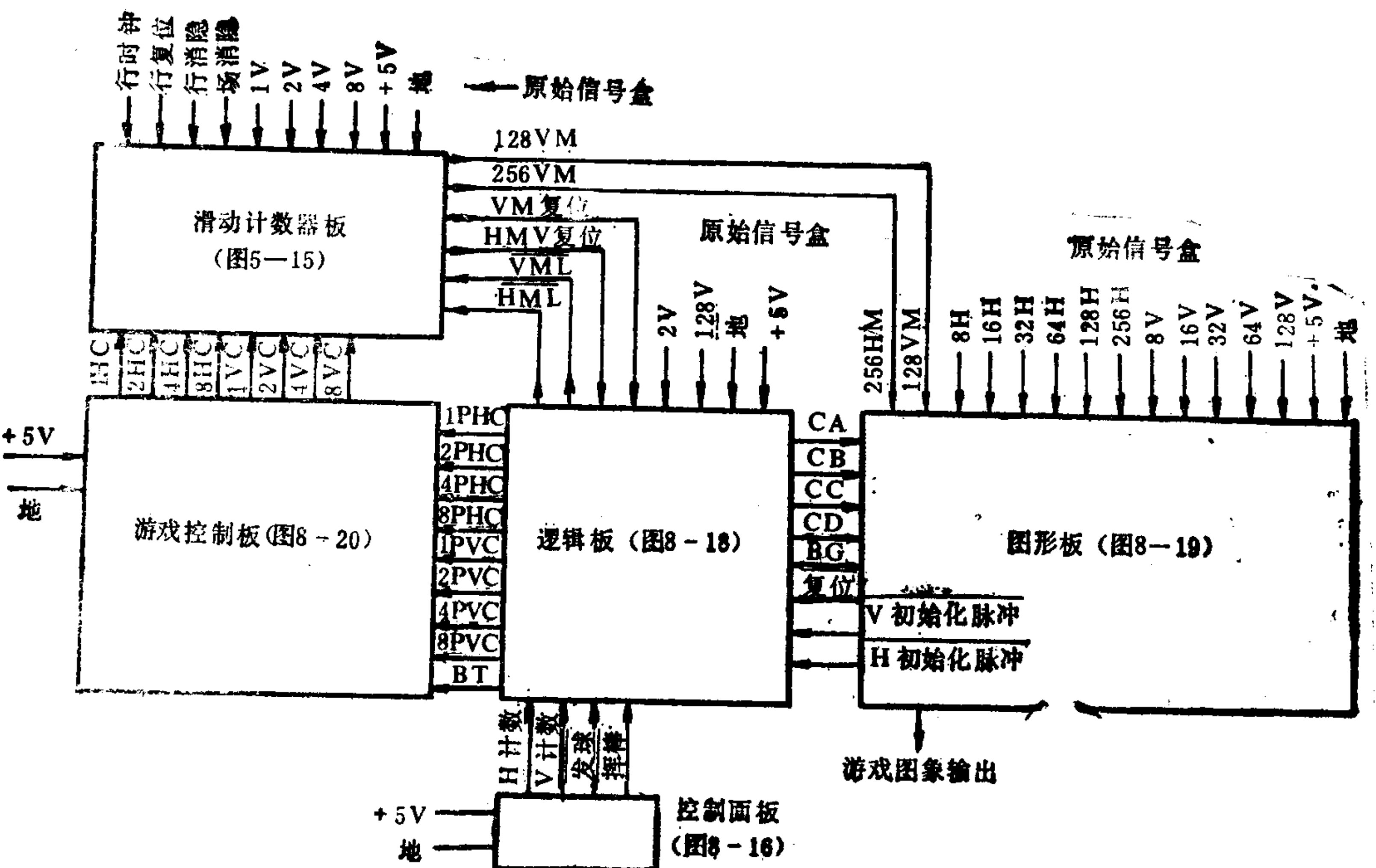


图8-22　高尔夫球游戏接线方框图

电路板。

滑动计数器板使用一个电源；其余三块板和控制台使用另一个1A的电源。这在使用上比较合理，可以保持平衡。

因为这一游戏机系统没有连上障碍输入，所以图上没有画出。后面将说明如何在控制板上使用RHC和RVC。

伏击游戏

伏击是一种单人游戏，它采用一种相当独特的位置编程方式，是一种老式的游廊式游戏变种。它假定游戏者向游戏区内不同地点出现的敌人进行射击。在给定的游戏时间内击中敌人的数目就是游戏者的得分。

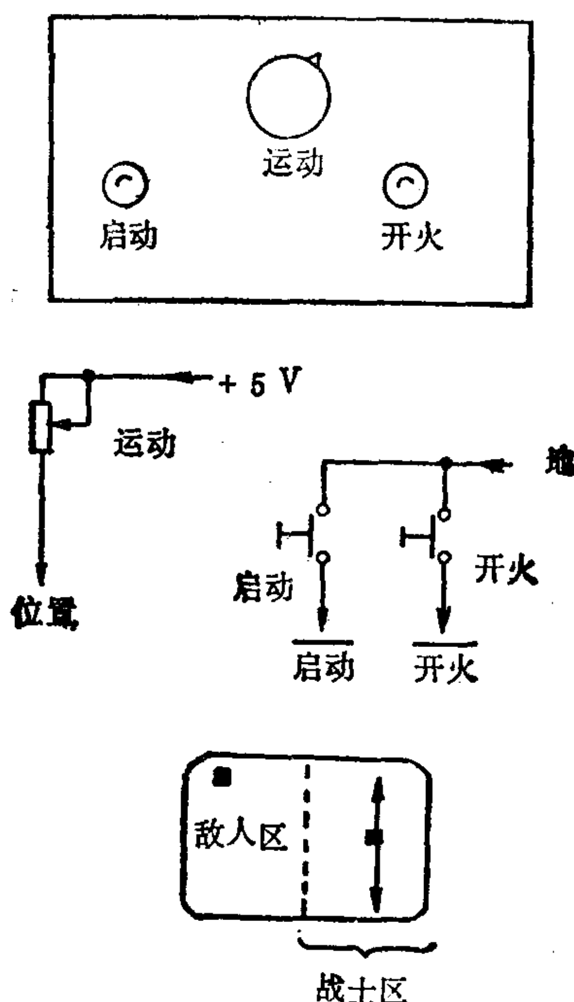


图 8-23 伏击游戏控制台面板和原理图及屏幕上显示情况

伏击电视游戏有一点与过去不同，那就是敌人可以还击。如果一个战士被敌人击中，游戏结束。

这个游戏机在位置编程方面的独特性质是敌人位置是随机的。位置信息选自高速计数器，它在游戏要求显示新的敌人时，才能读出。

游戏花样层出不穷，伏击是本书中最简单的一种。从硬件的的角度来看，它仅需要两块电路板和一个游戏控制台。

图8-23所示是控制台、它的接线及屏幕上游戏的情况。

游戏者使用**移动**按钮能够在屏幕上垂直移动战士图形的位置但它的水平位置被游戏逻辑固定，游戏者无法改变。

敌人图形可以出现在屏幕左半边的任何位置，向它们进行射射击就是将战士的垂直位置与之对准，然后按下**开火**按钮。如果两个图形在垂直位置上不对齐——相互错开——游戏者按下**开火**按钮开关，也就击不中，不能得分。

我们记得，这种游戏敌人可以进行回击。当游戏电路检测出两个图形垂直位置排列情况（因为游戏者企图射击敌人），在敌人开火之前，固定有$^1/_{10}$秒延迟时间，如果战士没有射击，仍处在敌人的瞄准线上，整个游戏就结束了。这时敌人击中得分。游戏者按下**启动**按钮，游戏重新开始。

一般的战略是，战士在屏幕上下移动，对敌人射击，瞄准和射击时间不超过$^1/_{10}$秒，否则就会被敌人击毙。

当游戏者准备射击敌人时，敌人在屏幕上闪烁两秒钟，然后消失，屏幕上立即出现另一个敌人，位置是随机的，敌人在4秒内未被击中，它就消失了，不产生闪烁。这时被另一个代替。

只要战士不被击中，游戏机复位之前，可玩3分钟左右。游戏结束时可数一下射中的数目，然后按下**启动**按钮，开始另一次游戏。

伏击游戏方框图和线路图

图8-24、8-25和8-26是两个专用电路板的方框图和电原理图。它们的方框接线图如图8-27所示。在学习这个电视游戏机的工作原理时，要使用它们。

每当游戏者在控制台按下**启动**按钮时，图8-25的IC_1-B第5脚负向逻辑电平使$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器处于工作状态。IC_1-A第3脚的负沿使触发器产生响应，同时触发由IC_1-C和IC_4-A组成的脉冲发生器电路。该电路产生的负脉冲触发IC_6-A，游戏机的3分钟主定时电路。按下**启动**按钮启动一个定时间隔为3分钟的单稳，它只有在定时装置第4脚为逻辑0时才被中断。当然如果G**击中**有输入，那就意味着战士被击中了。

主游戏定时器输出（IC_6-A第5脚）送到脉冲产生器，然后到$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器的复位输入（IC_1-A的第1脚）。每当IC_6-A的输出从逻辑1变到0时，游戏机复位。这种情况在3分钟游戏时间结束或战士被击中时发生。

按下启动按钮，向IC_6-B的第8脚送入一个逻辑1电平，单稳工作。按下**开火**按钮，战士就可以向敌人射击。射击时间由IC_6-B定时，只有约$^1/_{10}$秒。如果GV＝BV(战士垂直位置等于敌人垂直位置)，寄存器IC_1-D的输出对战士射击有利。

来自IC_1-D的脉冲使单稳IC_7-A工作，产生1秒的定时间隔脉冲，反过来它又使IC_7-B的敌人闪光起作用。与闪光定时器输出第5脚相连的脉冲发生器产生一个负脉冲使闪光结束，表示出现新的敌人的时间到了。

一旦游戏开始，游戏者按下**开火**按钮，可以在任何时间射击。若敌人图形正好在射击线上，它将在屏幕上闪光一秒钟然后被另一敌人代替。

所有这一切都是假定战士首先没有被击中，如果战士被击中，

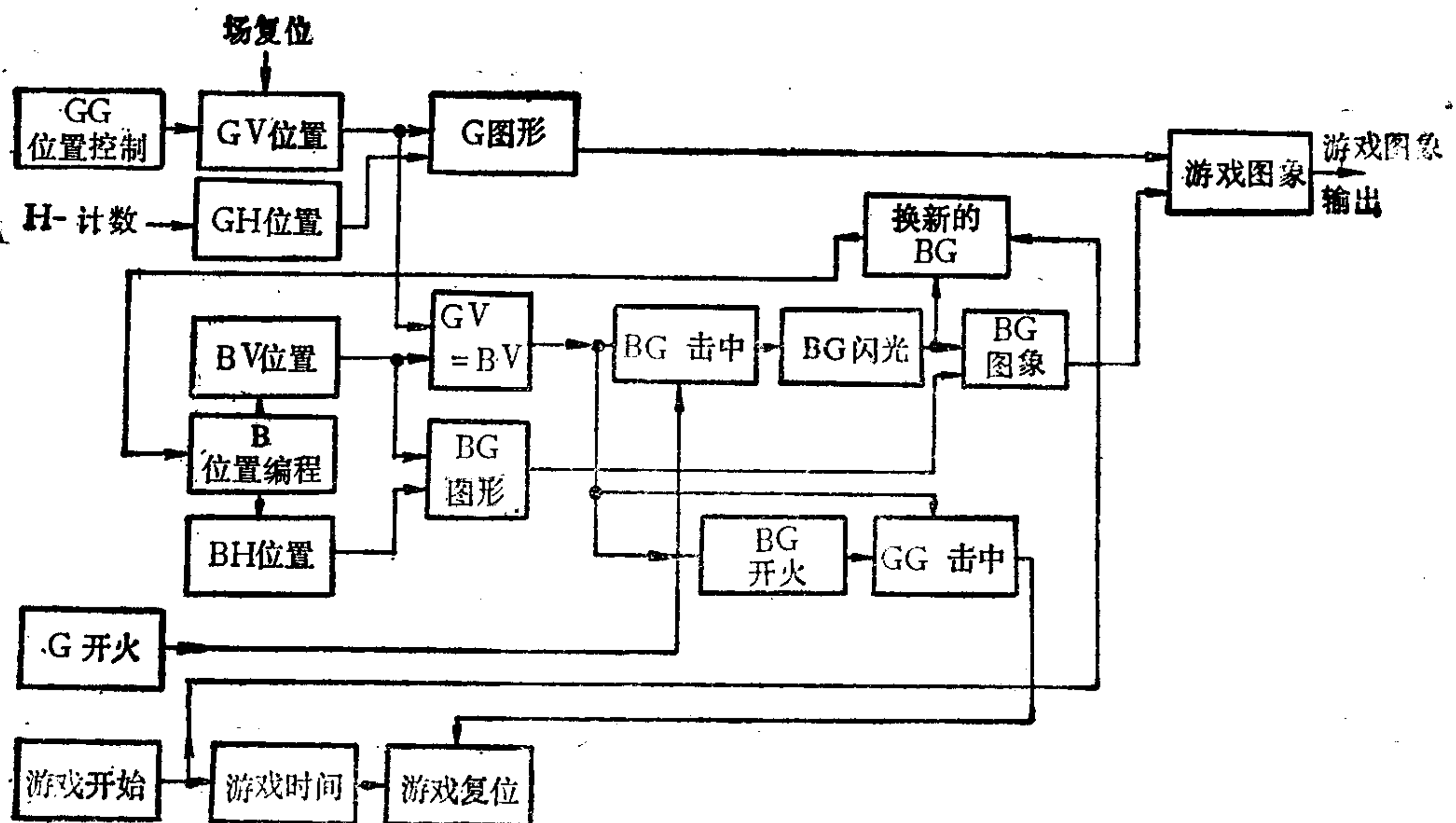


图8-24　伏击游戏功能方框图

IC6-B第10脚产生的逻辑0电平锁定战士开火电路，我们知道死人是不可能打枪的。

IC8-A和图8-25中有关的元件靠移动旋钮确定战士的垂直位置。它与图5-6电路一起进行了完整叙述。选择这个电路中的C_{11}值确定战士在垂直方向上的大小。

IC5-A固定战士的水平部分。选择电容C_{12}值可以调节图形宽度。战士的垂直和水平分量在IC4的6-8脚输出。

图8-25的IC5-B确定选择新敌人的时间，这个IC的输入连线表示在下述任何一种游戏情况下选择新的图形：当游戏开始，敌人死后，敌人企图在屏幕上继续存在5秒钟之后。表示新的游戏开始和敌人死亡的电路已在前面叙述过了。

IC8-B使敌人在屏幕上显示不多于5秒钟。当新的敌人在屏幕上出现时，定时器就启动，但是，因为它接成一个可以中断的定时器，所以能够在新的敌人出现的任时间复位，不管老的敌人是否企图再活5秒钟。如果一个敌人能够在IC8-B的整个正常定时时间内存在，那么IC2-C和IC2-D组成的脉冲发生器产生一个负脉冲使单稳触发器复位。

图8-25的置入端输出通常为0，在新的敌人图形出现时上升为逻辑1。伏击游戏电路的其余部分示于图8-26图形板上。

伏击游戏的特征是它能在屏幕左半边随机位置上产生敌人图形。图8-26的IC4和IC5组成一对可编程位置控制器。IC4建立垂直分量，而IC5建立敌人图形的水平分量。然而它的位置却由IC6的4位逻辑电平决定。

IC6是一个4位锁定或存贮电路。数据输入来自信号源的1V、2V、4V、8V。只有当第4脚和13脚的置入端输入为逻辑1电平时，4位数据送入锁存器。这种情况，只有在控制板操作调出新的敌人图形的那一瞬间发生。一旦数据输入后，一直保持在IC6的输出端，直到控制系统又调出一个新的敌人图形为止。

因为IC6的数据输入来自一个连续运行的计数系统，又因为

置入端脉冲产生的时间由游戏动作决定，置入IC6的数据是没有规律的，从本质上说IC6就是一个随机数字发生器。

IC6作为一个随机数字发生器，那么，很明显，IC5和IC4的水平和垂直编程数据也是以随机序列出现的。敌人图形在屏幕上出现的位置，严格地由IC6的随机数字和IC6与IC4和IC5的程序输入之间的连线确定。

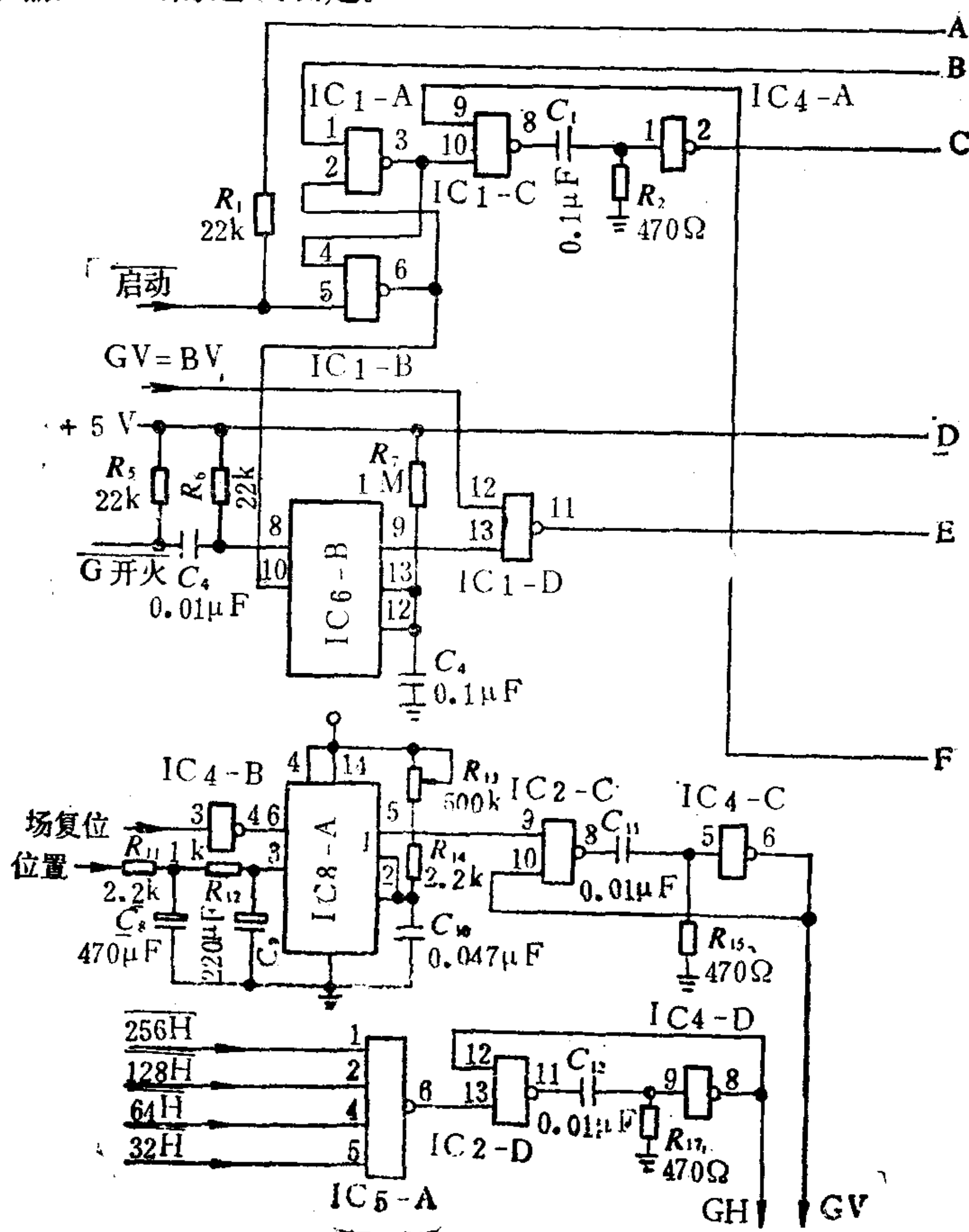
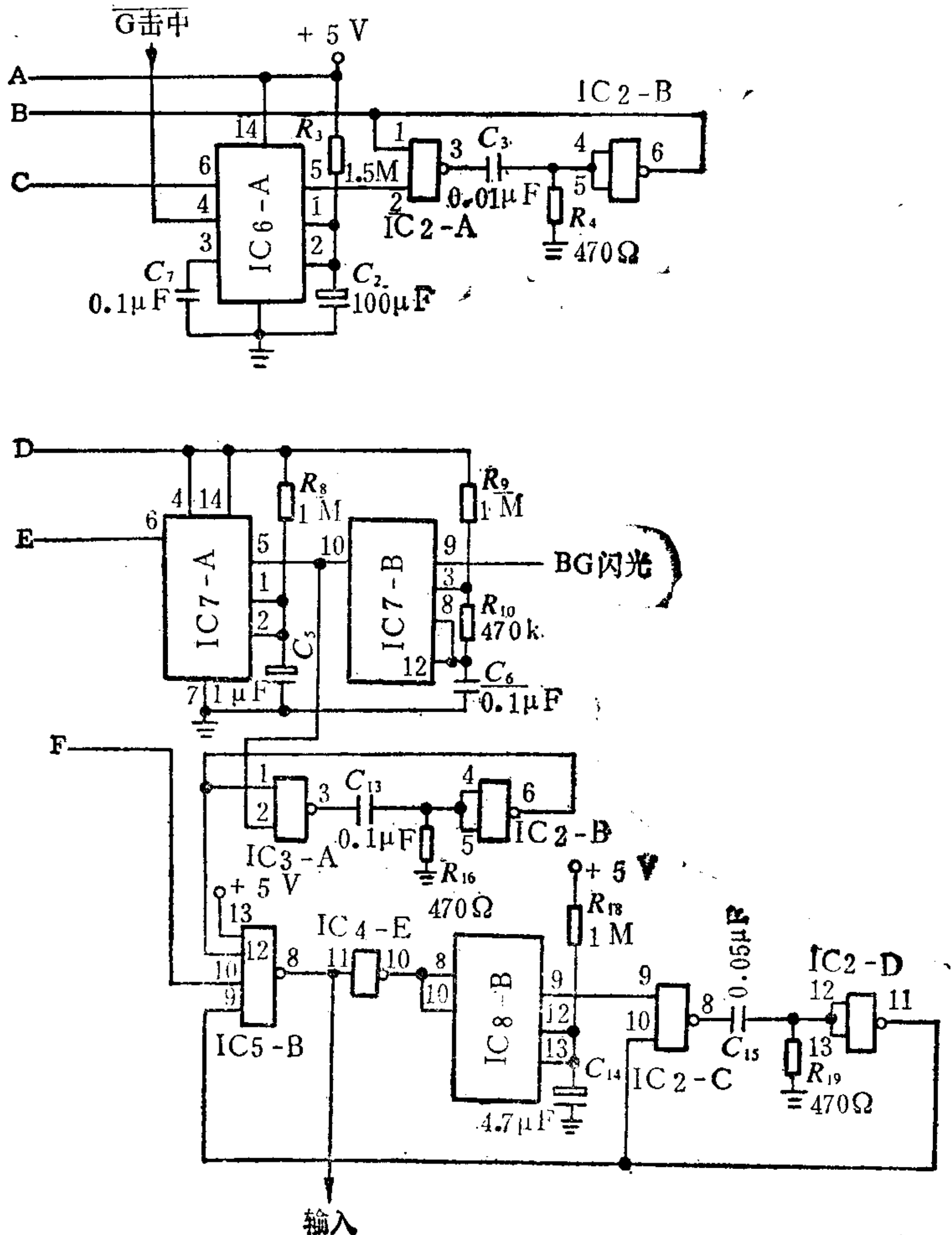


图8-26 伏击游戏控

IC4和IC5的水平和垂直分量通过IC1-A与非门产生一个16V×16H的敌人图形。它经过IC2-A，当战士击中得分时，图形能够闪光。战士图形的水平和垂直分量在IC2-C合成。之后，两个图形由IC2-B、IC1-B相或产生游戏图象输出。

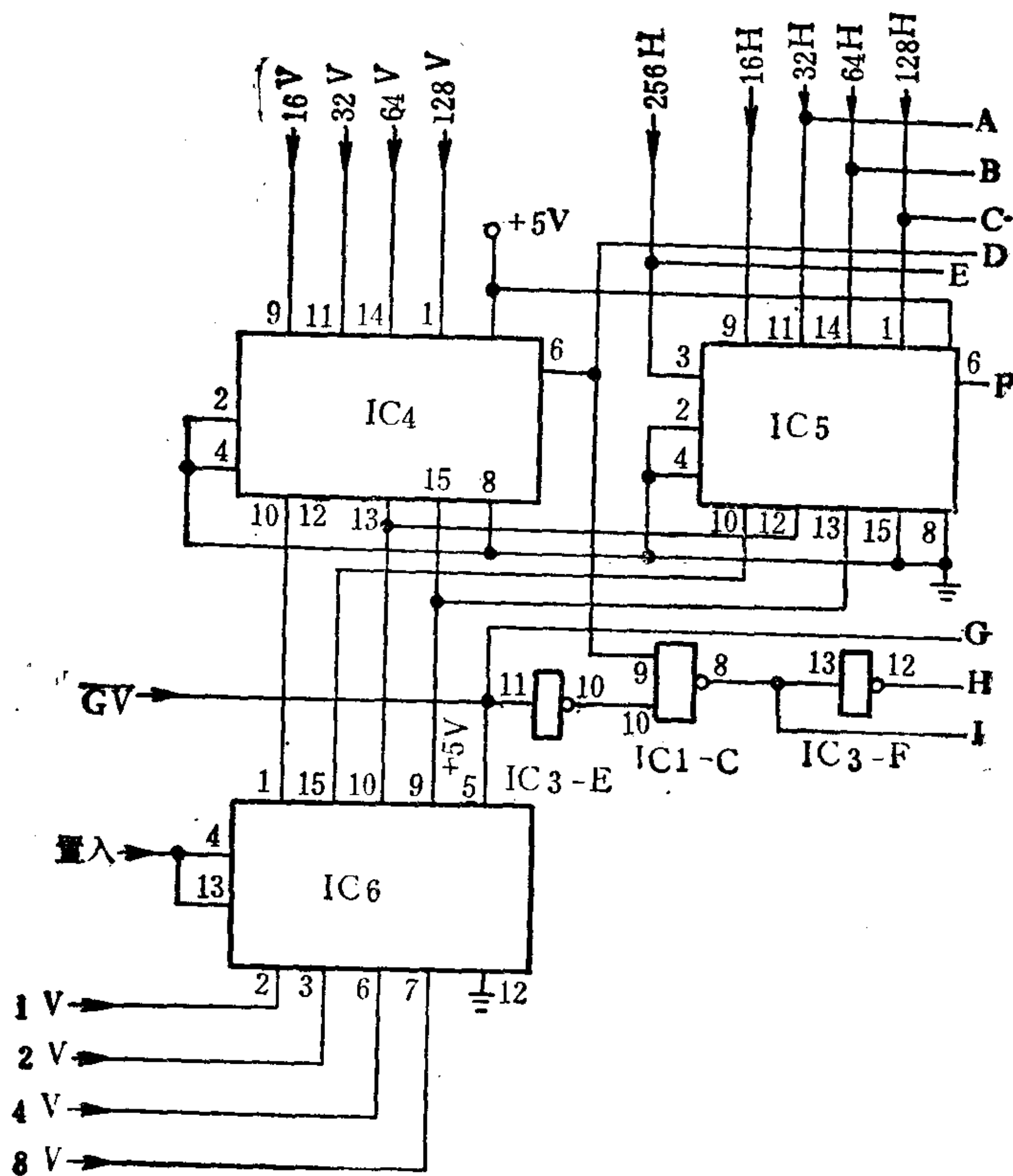
余下要讨论的是敌人与战士排成一线时，敌人开火射击的问



制板原理图

题。IC1-C测出两个相对图形的排列情况，产生一个负脉冲，使单稳定时器IC7-A工作，这个专门定时器定时时间为0.1秒，当这一定时时间结束时，启动第二个0.1秒定时器。

IC1-C检测屏幕上两个图形的排列情况，IC7-A使之延迟0.1秒，IC7-B就使敌人开火射击。图8-26的IC1-D在正常情况

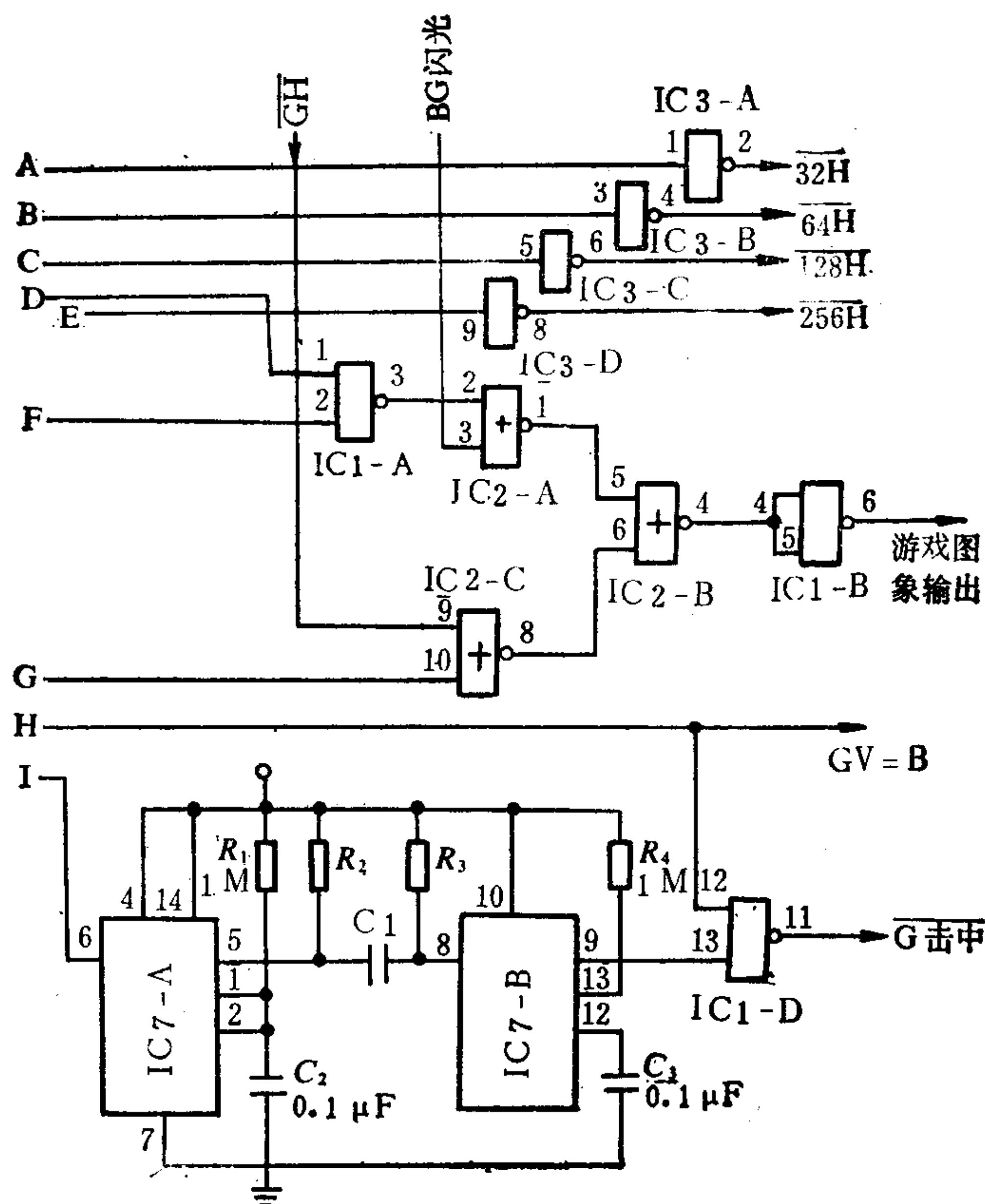


IC1—7400 四-2输入与非门
IC2—7402 四-2输入或非门
IC3—7404 六反相器

图8-26 伏击游戏

下有一个固定的逻辑1输出，但是当敌人与战士成一线时，敌人开火。IC1-D检测出这一情况后产生一$\overline{\text{G击中}}$输出。

$\overline{\text{G击中}}$脉冲使整个游戏系统复位，战士不可能再开火射击，直到游戏者按下**启动**按钮。如果没有IC7-A插入0.1秒延时，战士就没有向敌人射击的机会。



IC4,5—7485 4位量值比较器
IC6—7475 四位锁存器
IC7—556 双定时器

图形产生板电路图

伏击游戏机接线图

图8-27的接线图说明这是一个装置起来相当简单和便宜的游戏。唯一需要校准的是固定图8-25中R_{18}的值。这个微调电位与**移动**旋钮配合调整确定战士图形的运动范围。

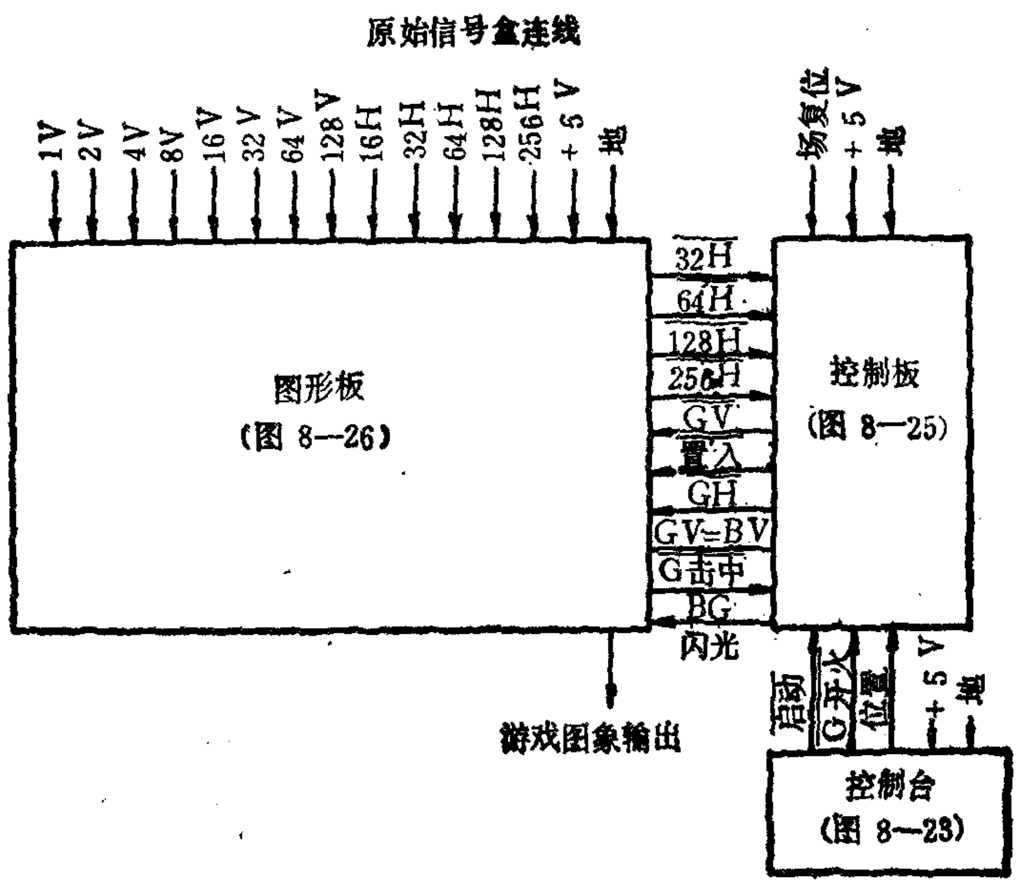


图8-27 伏击游戏接线方框图

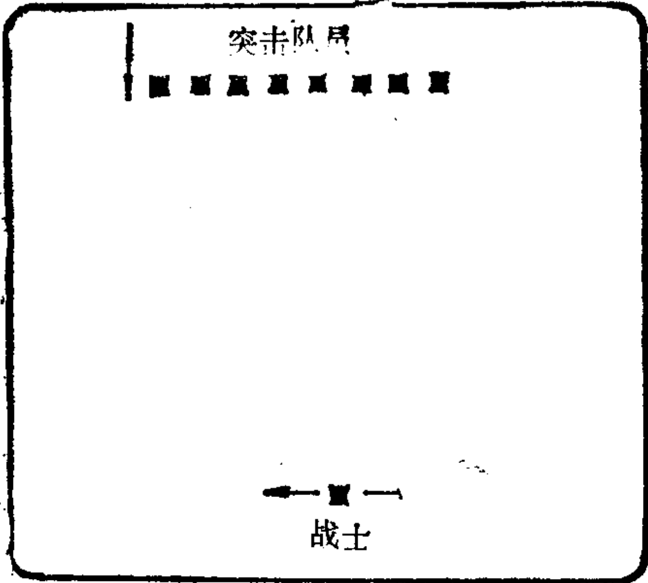
调整R_{13}使**移动**旋钮在它的两个极端位置之间旋转，能使战士图形在屏幕上下移动。

图形板使用一个+5V电源，控制板和控制台由另一个电源供电。

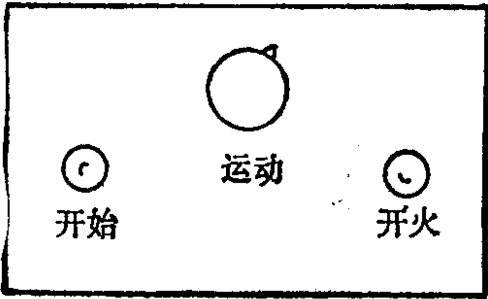
突击队员攻击游戏

假定你是唯一的宇宙飞船保卫者。八个敌人组成的突击队开

始缓慢地向你推进，而你使用致命的射线武器进行自卫。要使飞船不受侵犯，必须在八个敌人到达之前消灭他们。



（黑白颠倒）



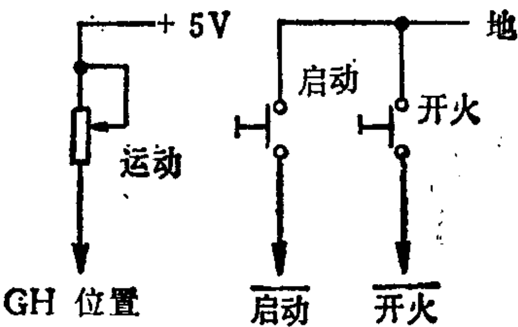


图8-28 突击队员攻击游戏的控制台和电路以及屏幕上显示的情况

图8-28是突击队员游戏开始时的格局。你作为战士，位于屏幕的底部，而你的活动限制在屏幕这一部分。八个突击队员以约71秒越过一个屏幕的速率朝你的位置进攻，换言之，你只有在60秒

时间内消灭他们。

控制台的**移动**旋钮使游戏者可以沿屏幕底线前后移动战士，**启动**按钮使游戏开始和进行攻击，**开火**按钮使战士向突击队员射击出致命的光束。

按下**启动**按钮，位于荧光屏上部的八个突击队员立刻向战士前进。当其中一个与战士在一条线上，就集中火力连续射击0.1秒。战士按下**开火**按钮可以在任何时间向敌人开火，但是他也必须与突击队员排成一行才能击中。

每当战士击中一个突击队员，他们全部在屏幕上消失约0.5秒，然后又出现在屏幕上，那个被击中的突击队员没有了。游戏的主要目标是在突击队员到达屏幕底部之前，将他们消灭。

任何一个活的突击队员到达战士的位置，游戏自动停止，敌人得胜。然后，重新开始。

当战士将八个突击队员全部消灭以后，游戏也自动停止，战士得分。

这是一种速度很快的游戏，需要大量的练习才能取胜，否则是很困难的。当游戏者精通它的玩法后，就想在十次连续攻击中击毙许多突击队员的基础上，试图取胜十次攻击。

图8-29到图8-33是游戏机总的方框图：三块电路板的原理图及一个接线方框图。它利用了可编程的位置控制比较器动作慢的特点。如果使用滑动计数器运动控制电路，使突击队员走得那么慢是不行的。

这个游戏电路第二个特点，是突击队员被“击中”时马上从屏幕上消失，并在屏幕上留下未被击中的突击队员。这两个特点：超慢速运动和屏幕上的图形有选择的消除，可以应用在其他的电视游戏中。

工作原理

如图8-29方框图所示，按下启动按钮，S运动(S MOTION)启动，击毙的突击队员从S击毙（S KILL）存贮器中再现出来，S运动控制方块使突击队员向下运动。SH逻辑（SH LOGIC)方块产生这些图形的水平分量。如果没有一个突击队员被击中，S击毙存贮器允许八个图形出现在屏幕上。S运动控制方块和S击毙存贮器的输出，在S图形（S FIG）逻辑方块合成产生一组完整的突击队员图形。

战士在荧光屏底部的位置由V-计数信号和G位置(G POSITION)逻辑确定。它在屏幕上来回运动，由控制台上的运动旋钮和G运动控制电路控制。G图形逻辑方块形成完整的战士图形。

现在假定战士正对准一个突击队员，首次射击。游戏者按下开火按钮，G开火单元产生一个0.5秒信号，G光束（G BEAM）逻辑单元转换为很窄的光束图形。这逻辑电路使光束从战士出来伸向突击队员正面。如果战士在0.5秒内对准某一个队员，SH=GH单元测出这一情况，战士得分。

击中单元来的脉冲，使突击队员图形在S隐藏(S HIDE)单元消隐（当战士射击时，他们好象被盖住一样），同时使击中的队员图形从S击毙存贮器消除。突击队员图形将再次出现，但击中的那一个没有了。

这一次游戏最复杂的部分是突击队员向战士射击。当战士穿过任一突击队员前面的道路时（自SH=GH测出），他们向战士射出光束之前，暂停0.1秒。这一时间由时延(TIME DELAY)单元产生。突击队员的光束由S光束逻辑单元产生，从突击队员射向荧光屏上战士的位置。

G击中逻辑测出任一突击队员和战士之间接触情况，当战士被击中，G击中输出信号，使游戏停止。余下的突击队员又回到屏

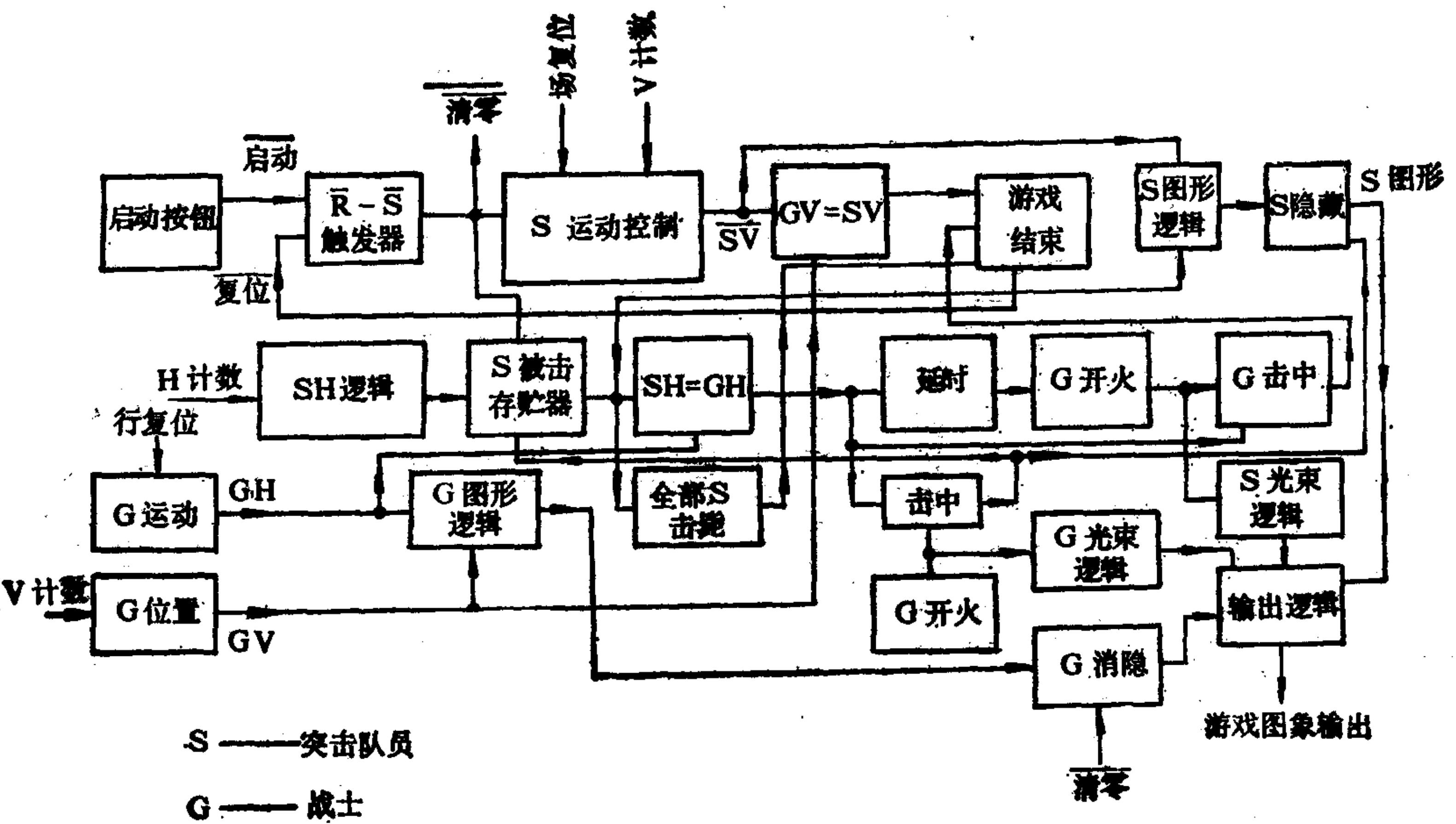


图8-29 突击队员攻击游戏的功能方框图

幕顶端位置。

如果战士成功地消灭所有8个突击队员，**全部突击队员击毙**单元检测出这一情况，使游戏结束。

游戏结束单元，在GV=SV单元产生信号时，也一样起作用。当一个或多个突队员到达战士的位置时，GV=SV单元发出终止游戏的信号。

图8-30的图形板包括主$\overline{R}$-$\overline{S}$触发控制、突击队员运动、战士图形位置和射击等所有游戏电路。

按下**启动**按钮，使$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器、IC2-A和IC2-B处于工作状态，它允许计数器IC7和IC8以VRST确定50Hz的速率正向计数。这些计数器把位置编程信息供给比较器IC5和IC6。根据图8-13的方程式，计数器/比较器系统应在71秒内使所有突击队员越过屏幕。但是，突击队员在到达战士位置以前，不需要完全越过屏幕的时间，因此实际游戏时间不多于60秒。

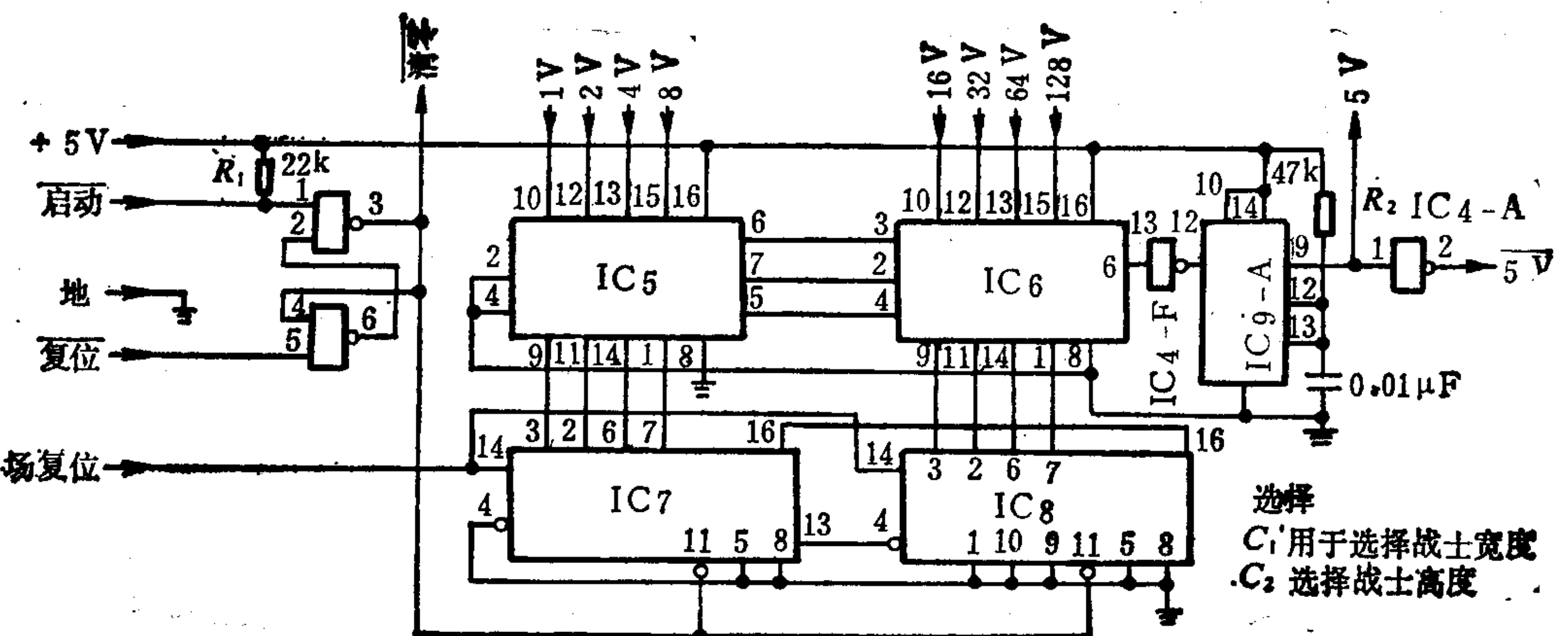
从IC6第6脚输出信号产生1V宽水平线，慢慢向屏幕下方移动。IC4-F将这个信号反相，加到单稳多谐振荡器IC9-A，位置脉冲在这里转换为8V宽的宽条。这个定时器实际上用来确定突击队员图形高度。

反相器IC4-A只是将信号反相，使图8-32控制板上的某些控制操作有合适的相位。

图8-30中的IC9-B是第5章叙述过的运动控制电路的一部分。GH**位置**输入来自**运动**电位器，并让游戏者确定战士图形的水平位置。电容器C_2是脉冲发生器电路的一部分，它用以固定战士图形宽度。

战士的水平位置由IC1-AV计数信号固定，然后由IC1-B和IC4-E变换成脉冲。电容器C_3固定战士图形高度，而IC1-C只产生控制用的GV信号。

IC3是战士**开火**定时器，当游戏者按下FIRE按钮时，定时器产生持续时间约0.5秒的GFP止脉冲。


+5V
启动
地
复位
场复位
R_1 22k
IC5
IC6
IC7
IC8
IC4-F
IC9-A
IC4-A
47k
R_2
0.01μF
1V
2V
4V
8V
16V
32V
64V
128V
5V
$\overline{5V}$
选择
C_1'用于选择战士宽度
C_2 选择战士高度

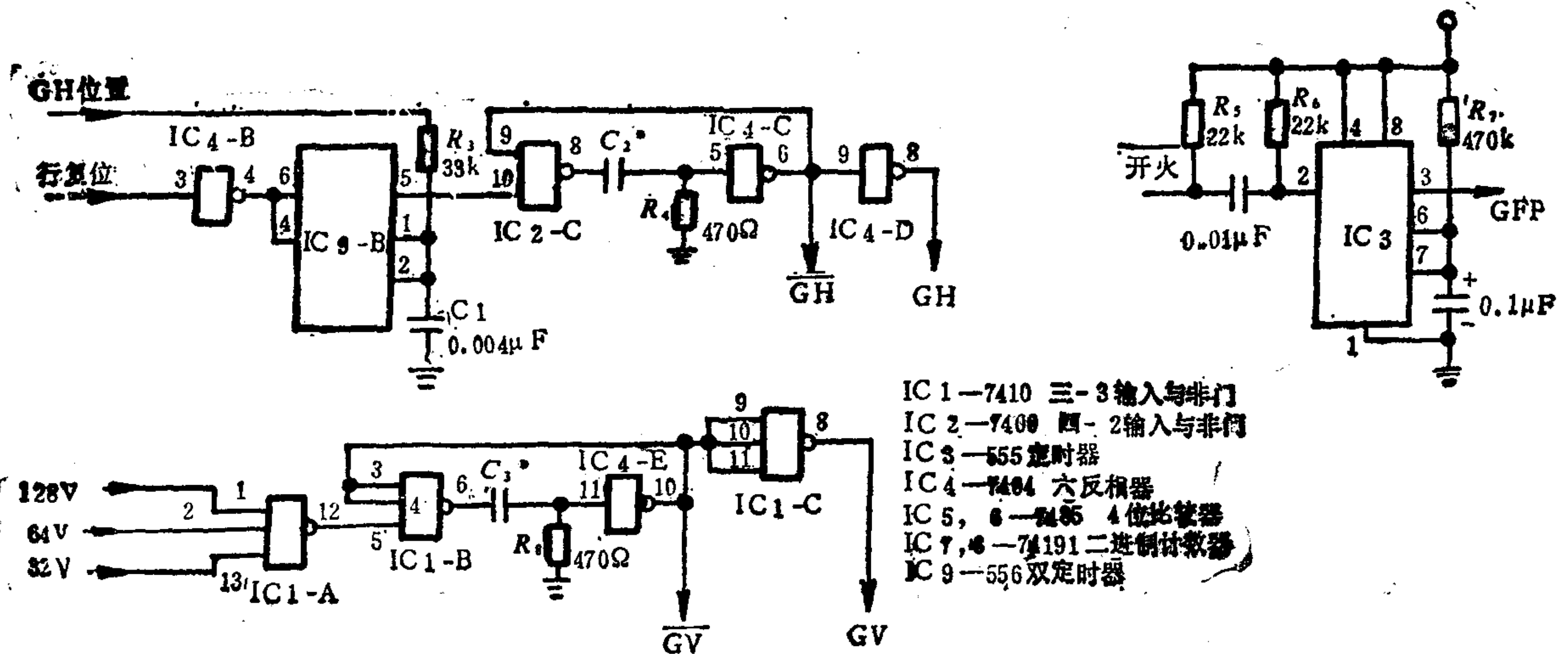


图8-30 突击队员攻击图形板电原理图

IC2-B输入端复位脉冲是游戏程序结束信号，产生一个使位计数器停止的逻辑清零(CLR)电平，并确定突击队员的初始置。

图8-31突击队员板跟踪测试突击队员的活动情况，产生突击队员图形的水平分量，并测出他们被消灭的时间。图8-31中的IC3测出八个突击队员中哪个被击中，并相应地改变J-K触发器IC6-A～IC4-B的状态。触发器来的在信息在IC5又重新进行组合，产生余下的突击队员的水平分量。在突击队员到达屏幕底部战士位置以前，IC4检测出所有八名突击队员在什么地方被击毙。

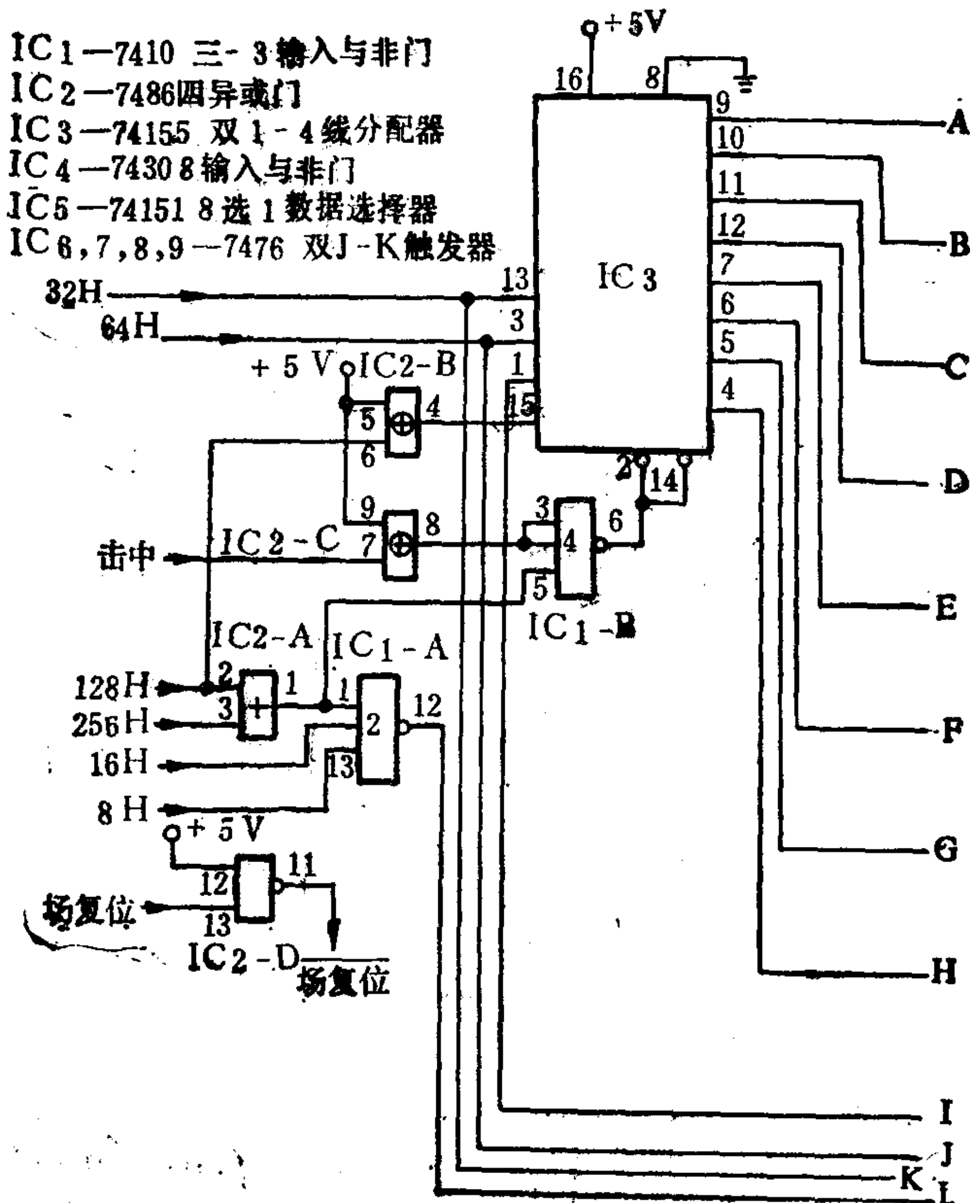
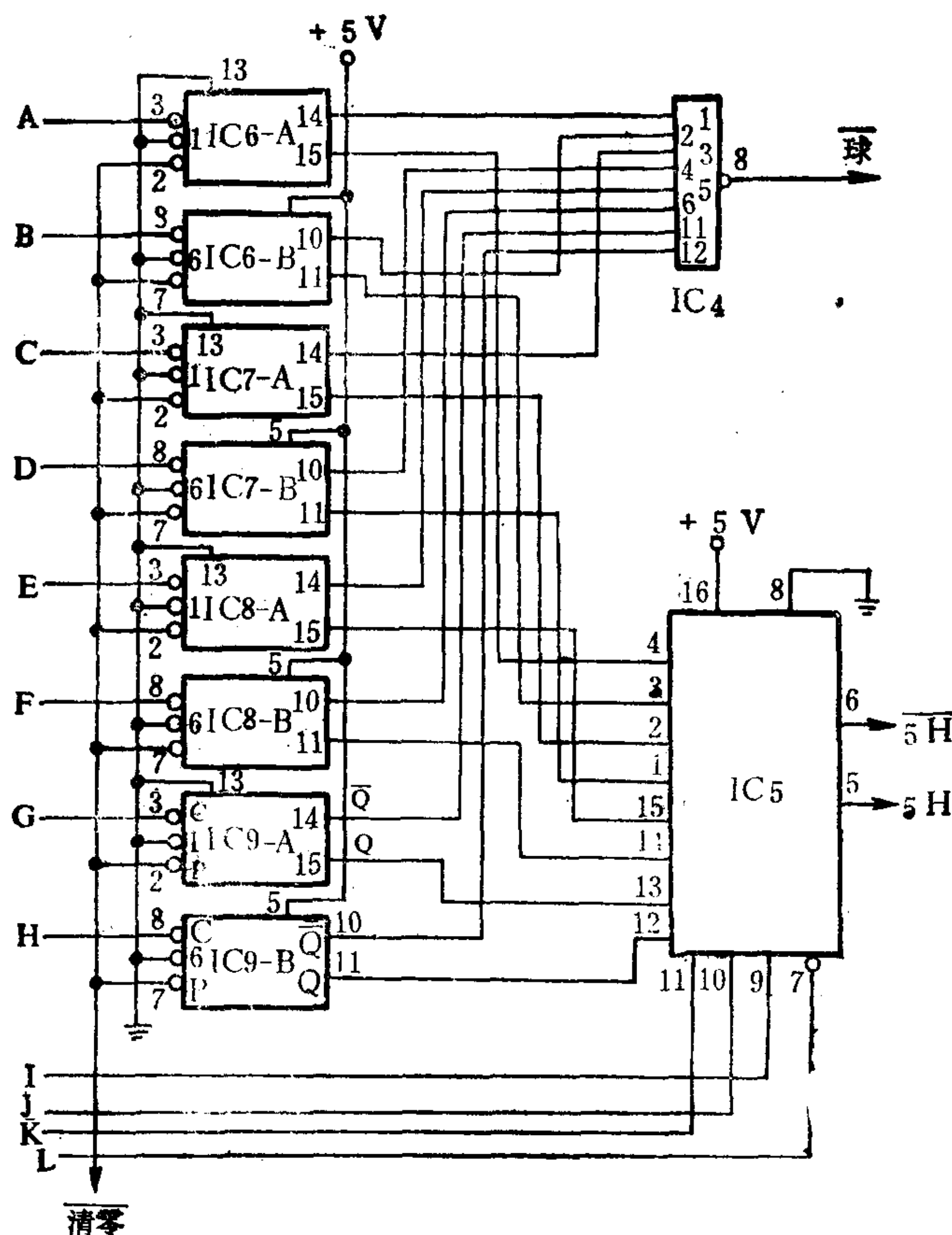


图8-31 突击队

图8-31中IC3和IC5组成一个可选址的分配器/数据选择器的组合，在它们之间有一组八个T-K触发器。分配器和数据选择器电路用同样的计数信号32H、64H及$\overline{128}$H进行寻址。（电路板128H输入在它作为$\overline{128}$H寻址信号之前，IC2-B使其反相）。因为分配器与选择器集成电路工作于同样的三根地址线。它们以相同的序列对数据进行扫描。

这些是八线器件，也就是说，分配器（IC3）只有一根输入



负板电原理图

线，把数据分配到8根扫描输出线。选择器IC5的工作正好与此相反，它接受八个扫描输入，然后合成一根信号输出线，SH或$\overline{SH}$。信号分配器的八个输出送到八个不同的J-K触发器，它们表示八个突击队员的生死状态，每个触发器的高电平Q输出组成数据选择器的输入线。

每一个地址计数信号代表一名突击队员的水平位置，当信号分配器/数据选择器组合是32H＝64H＝128H＝0时，荧光屏上的电子束产生左边第一名突击队员的水平分量。当计数信号变到32H＝1，62H＝128H＝0时，电子束对左边第二名突击队进行扫描，这个信号分配器/数据选择器扫描继续到第八个地址组合，32H＝64H＝128H＝1，荧光屏上这一点代表右边最后一名突击队员的水平位置。

寻址电路从线的左端开始，每次扫描一名突击队员。图8-31的IC6-A确定第一名突击队员的生死状态；IC6-B则确定左边第二名突击队员的生死，一直到IC9-B确定右边最后一个的生死状态。

扫描系统的三根地址线把这信号集中起来，使IC3产生表示每一名突击员队水平位置的输出序列信号，触发器确定被扫描的突击队员是死是活，数据选择器又把这些信息合在一起，形成一串代表生死状态的序列脉冲。

IC2-A用128H和256H输入对突击队员图形开窗口，这个异或门保证在任意给定时间荧光屏上不会多于八名突击队员，并且出现在中心位置，128H和256H信号的颜色相反。IC2-A来的开窗口信号，在IC1-B与击中信号合在一起(击中被IC2-G反相)。击中信号和窗口信号之间的相互作用将在下面叙述。

IC5的突击队员信号也被IC2-A输出开窗口，但是这种情况下的开窗信号，由到IC1-A的8H和16H输入进一步修正。这两个附加的窗口参数，减少每个突击队员到8H的水平尺寸，并在他们之间插入一个24H的消隐空间。它的插入使战士在两个敌人之间有机会溜走，而不被击中。

现假定游戏在三种情况下复位。①八个突机队员全被消灭，②有一个突击队员到达屏幕底部，③战士被突击队员击中。这个复位条件使图8-31的CLR为逻辑0，并保持到游戏者按下启动按钮，开始另一次攻击。当清零仍然保持为逻辑0时，八个J-K触发器的预置输入拉向逻辑0。假定某一时刻所有8个输出为逻辑1，触发器就处于这样一种状态，它们到数据选择器的Q输出为逻辑1。这意味着八个突击队员图形可以出现在屏幕上。事实上，只要某一触发器的Q输出为逻辑1，相应的突击队员图形就留在屏幕上。

触发器处于逻辑1时，突击队员就活着，这种状态直到出现一串击中信号突击队员被击毙。每当战士向一个队员描准射击时，在IC3的窗口输入（第2脚和第14脚）出现一个$\overline{\text{击中}}$脉冲。信号分配器的寻址系统是这样工作的：它的输出搜索击中的突击队员，然后使触发器为逻辑0，这表示一个突击队员“死”了。数据选择器在屏幕上的这一位置为逻辑0，这个突击队员图形被消除，直到游戏重新开始。

就游戏者而言，他总是希望游戏自动复位前，击中所有突击队员。如果这个愿望得以实现，八个触发器的Q输出最后都处于逻辑0。在屏幕上不出现突击队员的图形。

图8-31的IC4负责检测八名突击队员全部被消灭的情况。这个与非门的输入来自触发器的$\overline{Q}$输出。当这些低电平输出全部到达逻辑1状态时，IC4的输出下降到逻辑0，产生$\overline{\text{击毙}}$信号，这是游戏机复位的三种情况之一。

图8-31的突击队员板的工作原理远比使用难以解释。读者希望设计一种具有消除图形的特殊功能的游戏机——具有基本的存贮系统——就应当组装一个，首先把电路弄懂。

图8-32的控制板，处理游戏队员攻击游戏中的大部分控制信息。当游戏进行时，IC1-A检测战士在水平方面与屏幕上的突击队员的对准情况。一旦对准，IC1-A的负脉冲触发0.1秒的单



选择：
C_4 确定S光束宽度
C_5 确定G光速宽度

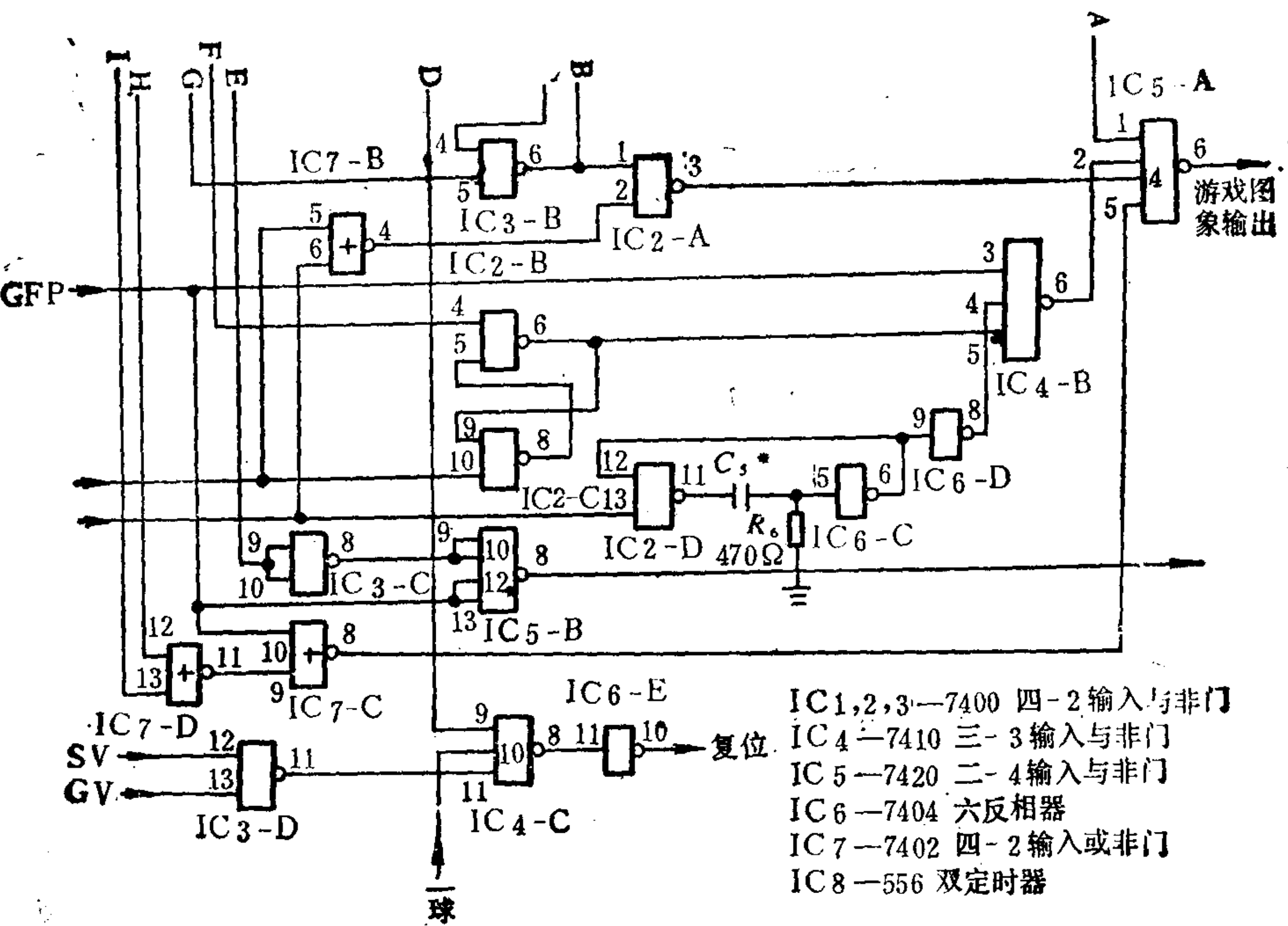


图8-32 突击队员攻击游戏的控制电原理图

稳定时器IC8-A。这个时间过后IC8-A的第5脚输出使另一定时器IC8-B工作，定时时间接近0.5秒。

这些顺序定时器的目的是什么？它们用于使突击队员在战士经过时进行射击。第一个定时器延时0.1秒，使战士有射击一发子弹和逃出的机会，IC8-B记下突击队员的电子束在屏幕上射击的时间。

当$\overline{清零}$信号为逻辑0时，这些定时器就停止工作。这种情况发生在游戏机自动复位和游戏者按下**启动**按钮之间，换句话说，突击队员在游戏开始前，不能对战士射击。在突击队员攻击之前，战士有机会选择防御位置，而不会从屏幕上击掉。但是我们要特别注意在游戏开始时突击队员可能进行齐射。

由IC1-B、IC6-A组成的脉冲发生器固定了突击队员射击光束的宽度。它的宽度由C_4确定，其值越大，光束越宽。

这个脉冲发生器，由图8-31的多路转换器电路来的$\overline{SH}$脉冲的负沿(前沿)触发下工作。换言之，光束总是出现在前进的突击队员的左边，突击队员全在右手边，这对战士的战略有帮助。

IC1-C和IC1-D组成的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器，确定突击队员光束的始端和末端。触发器一个输入端的$\overline{SV}$信号，保证光束从突击队员线开始，**场复位**输入使光束到达屏幕底部。

三个基本元件组成突击队员光束。IC1-A和二个定时器，确定突击队员什么时候开火和射击的时间。IC1-B和IC6-A决定每个光束的水平位置和宽度，而IC1-C和IC1-D则确定光束在垂直平面的位置和长度。所有这三个突击队员的光束参数一起通过与非门IC4-A，产生游戏机这一部分的全图象信号。

因为在IC1-B不能产生$\overline{SH}$脉冲，所以被击毙的突击队员不能向战士射击。这个专门脉冲在突击队员板上被消除。

当战士扣下板机，图形板上的定时电路(图8-30的IC4)产生一个持续时间约0.5秒G**开火**（GFP）脉冲。这个正电平送到IC4-B的第3脚，确定战士开火的时间。

在IC2-B和IC2-C基础上组成R-S触发器，固定了战士光束的垂直长度，触发器的SV输入总是启动与突击队员在一条线上的战士光束，$\overline{GV}$输入使战士位置上光束结束。实际上战士的光束从突击队员线趋向战士，但是看起来战士在屏幕上往上射击，在此情况下，视觉印象是非常重要的。

脉冲产生器由IC2-D和IC6-C组成，它固定战士光束的水平位置，$\overline{GH}$信号触发这个电路，使光束从战士图形左边出现，换言之，战士是左撇子。

读者可以看出战士的光束电路实际上与突击队员的光束电路相同，唯一的区别是突击队员在延迟0.1秒后进行自动射击，而战士只有在按下开火按钮时才开火。

战士光束参数在IC4-B组合产生光束图象信号。战士光束宽度由C_5的值确定。

到目前为止我们只是讨论了在控制板上产生的两个射束图形，我们还必须彻底了解战士和突击队员的图象信号如何复合。

战士图形水平和垂直分量（$\overline{GH}$和$\overline{GV}$）在IC7-B有效地相与，然后通过消稳门IC2-A。只要IC2-A第1脚输入为逻辑1，那么在IC2-A出现战士图形的低电平信号。战士图形只有通过IC2-A以后，它在IC5-A才与其他游戏成分相或。

当战士被突击队员击中以后，IC2-A的第1脚输入下降为逻辑0，战士图形消失。它们是怎样消失的呢？IC2-A第1脚输入是由一个IC3-A和IC3-B组成的$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器的输出所控制，$\overline{清零}$到IC3-B的逻辑0输入使触发器进入上述状态。IC2-A第1脚为逻辑1时，战士图形显现在屏幕上，也就是说，只要游戏开始，屏幕上就有战士图形。

当IC3-A第1脚输入为逻辑0时，战士图形就从屏幕上消失。这种情况只有在突击队员企图向战士射击时才会发生。读者回忆一下，当IC1-A检测出突击队员和战士在水平部分成一直线时，这就意味着战士有被击中的危险。这个逻辑0信号送到IC7-

A的第2脚，并与IC4-A突击队员的光束信号有效地相与。如果在同一时刻产生突击队员的光束和战士与突击队员成一直线，IC7-A输出为逻辑1。

IC6-F将战士被击中信号反相，$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器使战士从屏幕上消隐。一旦游戏开始，战士仍在屏幕上出现，直到他被突击队员的光束击中。如果战士能够不被击毙。那么在整个游戏过程中，战士将在屏幕上出现。

突击队员图形的水平和垂直分量SH和SV在IC7-C合成。IC7—C 使它们在适当的时候消隐。突击队员图象信号加到IC5-A，并与光束及战士图形合在一起。

当战士射出一发子弹后，突击队员在屏幕上消失。战士开火信号（GFP）加到IC7-C的一个输入端，在战士光束持续的0.1秒时间内，产生逻辑1电平使突击队员图形消失。它给人这样一种视觉印象，战士每次开火时，突击队员就象被屏蔽起来一样，但在屏蔽时，战士还可以击中某个突击队员。

IC5-D用于检测战士射出的光束和突击队员之间的情况。这个与非门只检测战士与突击队员在水平成一直线和战士开火脉冲同时产生时的情况，由此产生的**击中**信号使击中的突击队员从屏幕上消隐。

最后，游戏在下面三种情况下自动停止：①所有突击队员被击毙，②战士被击中，③突击队员到达战士位置。这三种情况在图8-32IC4-C反映出来。突击队员板的**击毙输入**检测所有突击队员什么时候全部击毙。IC6-F的输出检测战士在什么地方被击中。IC3-D检测突击队员和战士的垂直部分，在什么地方处于同一平面——突击队员到达战士位置。

当上述三种情况发生时，IC4-C为逻辑1，IC6-F使信号反相，产生所需要的**复位**信号。

突击队员攻击游戏接线图

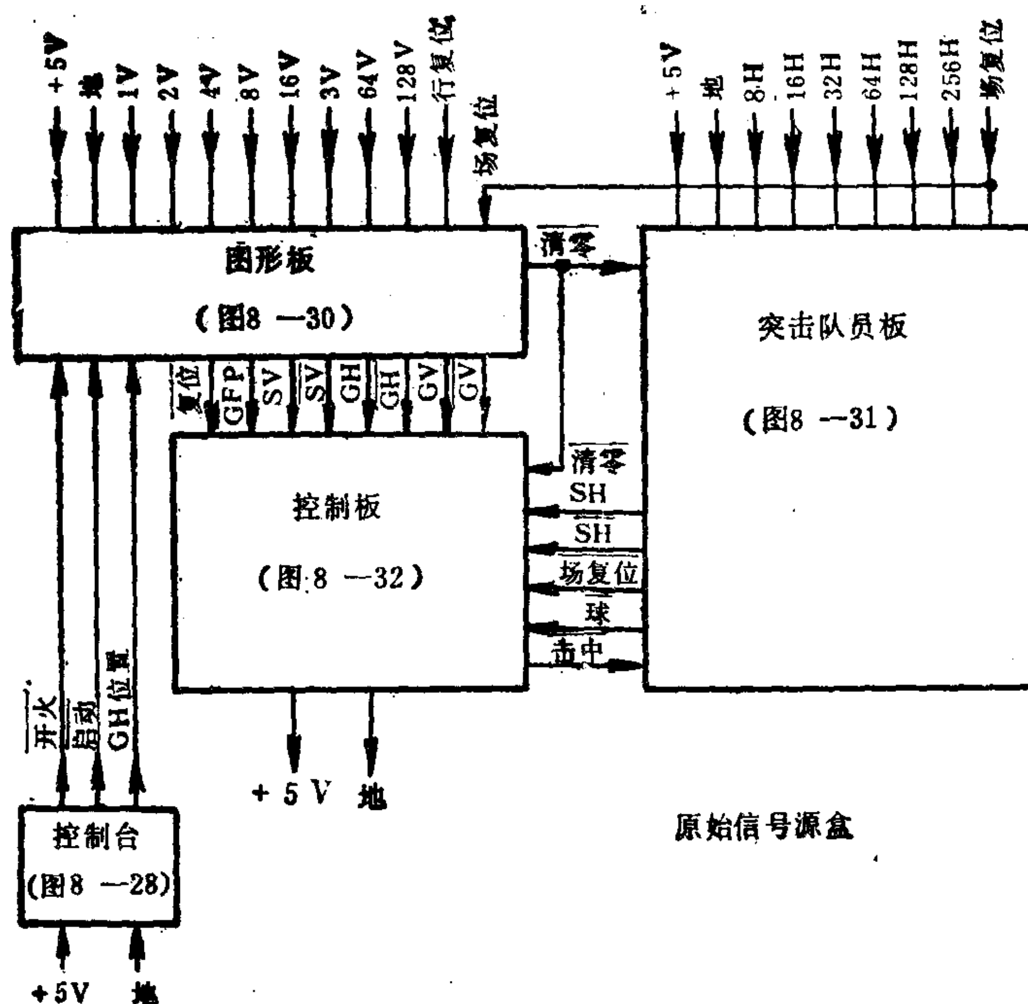


图8-33 突击队员攻击游戏接线方框图

相对来说，这种游戏较简单，动作缓慢，存贮量不大。它可以由图8-33的三块电路板组成，选好控制板上C_4和C_5的值以后，投入工作。

该电路没有使用消耗功率大的滑动计数器，原始信号单元中的+5V电源，可以在电路板和控制台之间均匀地分配。

第九章　记分和记时

所有动作很快的电视游戏机都要求自动计数。如果限定游戏时间的游戏机能将游戏者已玩的时间或余下的时间在游戏过程中显示出来，效果就会更好。二进制记分或记时控制电路和在屏幕上产生数字的显示电路，二者实际上是相同的。

本章叙述的控制和显示电路，经过适当的改进，就可用于前面几章介绍的大部分电视游戏机系统。我们先学习数字显示的基本原理，然后做一些实验，你将会从中得到启发，扩充你游戏机的功能，包括记分和记时两个部分。

本书后面叙述的游戏机，有可供选择的记分记时电路板，我们要彻底弄懂这些电路，并有效地应用到实际中去。

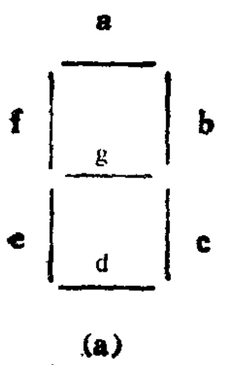
数字的产生

电视游戏机上显示的数字是采用计算器和电子钟中的7段格式。图9-1（a）就是用基本的7段显示的标准小写字母。

a段是顶上一横，a段至f段顺时针排列，g段是通过中心的水平段。

如b、c两段亮就形成数字1；a、b、g、e和d段亮就形成数字2；数字3则由a、b、c、d、g形成。如果读者对数字显示电路过去没有接触，十分陌生的话，那么通过7段数字显示标准格式的学习，掌握0～9数字的形成。

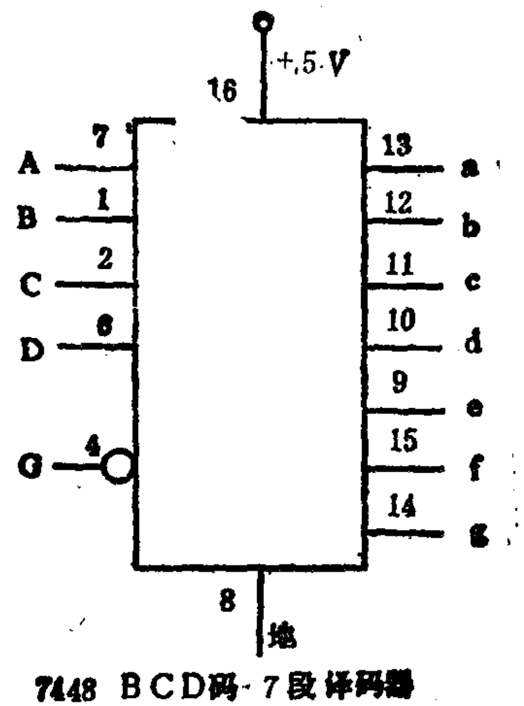
数字的7段显示（电视游戏机、计算器、数字钟都采用），通常是采用二-十进制的BCD码来实现的，即十进制数0～9的二进制形式。图9-1（b）中的表将二-十进制的四位BCD码与相应的十进制数以及7段显示中应该亮和灭的段进行了比较。



(a)

十进制数	BCD输入 D C B A	段输出 a b c d e f g
0	0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 0
1	0 0 0 1	0 1 1 0 0 0 0
3	0 0 1 0	1 1 0 1 1 0 1
2	0 0 1 1	1 1 1 1 0 0 1
4	0 1 0 0	0 1 1 0 0 1 1
5	0 1 0 1	1 0 1 1 0 1 1
6	0 1 1 0	0 0 1 1 1 1 1
7	0 1 1 1	1 1 1 0 0 0 0
8	1 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1
9	1 0 0 1	1 1 1 0 0 1 1
G = 1	× × × ×	0 0 0 0 0 0 0

(b)



(c)

图9-1　BCD-7段译码器（a）标准的7-1段字符显示方式
（b）变换真表值　（C）7448集成电路引脚

在前面的例子中已经提到a、b、c、d和g段亮的话，就显示出数字3来。我们从表中可以看到数字3的BCD码是0011，而它相应7段输出是1111001，最高有效位是a段，最低有效位是g段。在字段显示中1表示亮的段，而0表示不亮的段——即不显示的段。

仔细看看图9-1（b）中的表，并将BCD码的10个输入和相应的各段以及图9-1（a）中7段格式进行比较。

图9-1（b）是译码器IC将BCD码转换为7段显示的真值表。它从A到D输入BCD码（a为最低有效位），从a到g的输出端产生相应的7段显示。输入BI(G)可以视为启动输入，在BCD码转换为7段显示的过程中，它必须为逻辑1。输入BI为逻辑0时，它使所有段输出为逻辑0，整个数字各个段都不亮。

假定你有一个BCD码源和一个7448译码器，它把BCD码转换为7段显示格式，请读者看看图9-2上的脉冲波形。它告诉我们这些段在电视屏幕上是如何显示的。a段是上面的横条，b段是右上方的直条，二者在右上角相交。c段是一条比b条长一些的直条，它与d段的右端相交。

屏幕上显示的数字，看不出在计算器和数字钟上出现的相邻线段的断开现象。这一重叠的性质并不是有意的，而是设计一个尽可能简单的电视游戏机数字发生器的自然结果。

图9-2上的7段数字显示波形，提出了显示系统的工作原理问题。沿数字底部画的波形表示从信号源来的三个连续的H计数信号：举例说A0H可能是8H，那么A1H可能是16H和A2H就是2H了。

图9-2上的场记数波形画在7段数字的一侧，它们代表三个连续的场计数源，A0V为最低有效位。要显示一个适当大小的数字，A0V输入应该与A0H具有相同的计数级别。如果A0H从8H计数源取出，那么A0V就应当从8V计数源取出。

7段显示的图案完全受三个连续的H和V计数信号限制。显

示数字的图形大小由使用的H和V计数信号的数值决定。读者可以用32H和V、64H和V、128H和V显示一个相当大的数字图形，实际上它们是产生最大数字图形的技术条件。

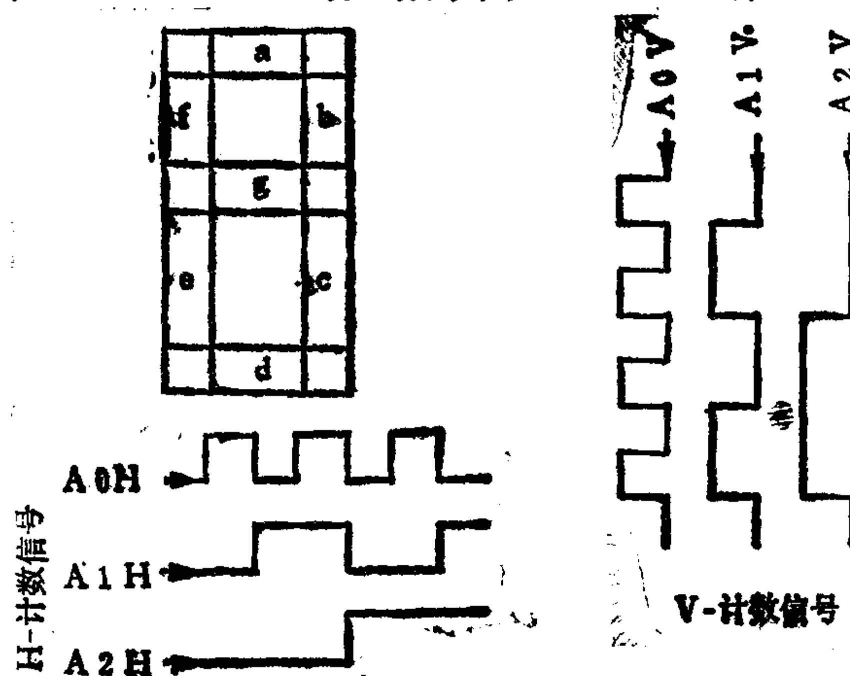


图9-2 基本的7段字符显示，相关的H和V计数波形

另一方面，读者也可用2、4、8H和V计数信号产生非常小的数字图形。不管你想显示多大或多小的数字图形，它的宽高比取自相应信号源的水平和垂直计数信号。

我们暂不讨论显示数字图形的大小，从图9-2的波形和数字表明，a段只有在所有垂直计数输入为逻辑0和A2H也为逻辑0时才有可能产生。b段只有在A2V＝0，A0H＝A1H＝1以及A2H＝0时才显示出来。我们还了解在AOV＝A1V和A2V＝A2H＝0时，才有可能显示g段。

读者自己画一个真值表，用以表示在H和V计数输入的不同组合时，哪一段进行显示。通过这些实验，读者就可检查一下自己对数字显示的了解程度。

数字发生器电路

通过本章数字显示电路的学习和实验，读者也会设计出自己所希望的显示方式和控制电路，显示方式有以下几种：一位数字显示；二位数字显示；双二位数字显示。它们适用于各种游戏机。首先我们介绍数字发生器板，它可对任何一种显示方式进行编程，并用于各种不同的游戏机中。

一位数字显示电路

图9–3是一位数字显示电路，数字在屏幕上的大小和位置可以任意选定。这个电路比较简单，可以在很短的时间内装好。读者自己动手可以装一个来试验，这个电路的输出记分(SCO)应连到原始信号单元的图象输入端，然后根据所学的理论进行调整。

要显示的数字以BCD码的形式在IC6的A到D的输入端出现。IC6是图9–1中所述的BCD码–7段显示译码器。它的7段输出通向一对8选1数据选择器，IC7和IC8的输入端。

IC6把BCD码转换为7段显示信号，而IC7和IC8完成数字形成逻辑功能，它和图9–2上的波形一起进行过叙述。

在第四章，我们已经讲述过这种数据选择器可以用于编程，产生各种复杂的图形。现在我们所讲的图形就是7段显示的数字。每一个数据选择器的8个数据输入，要么是BCD码～7段显示译码器的输出，要么是逻辑0（地电位）。IC7的寻址输入是A0H、A1H和A2V，而IC8的寻址输入是A0V、A1V和A2V。

这些寻址输入就是在前面已经叙述过的、从原始信号盒中来的三个连续的H和V计数信号。

假设我们要显示数字了，IC6的BCD码输入是0011，根据图9–1（b）的真值表，a、b、c、d、g输出为逻辑1，f和e为逻辑0。

IC6的a段输出送到数据选择器IC8的第4脚；当数据选择器用这种方式寻址时，第6脚的输出呈现第4脚的输入逻辑电平，a段的逻辑电平在记分端出现。如果你按本书前面的要求，已经制作了一个H和V计数输入产生7段显示的真值表，你将发现在H和V计数信号的适当地方，记分输出端产生指明的段。

读者可以做些电路实验，把有效的BCD码送到IC6的BCD输入端，我们在屏幕上，将看到相应的数字显示。

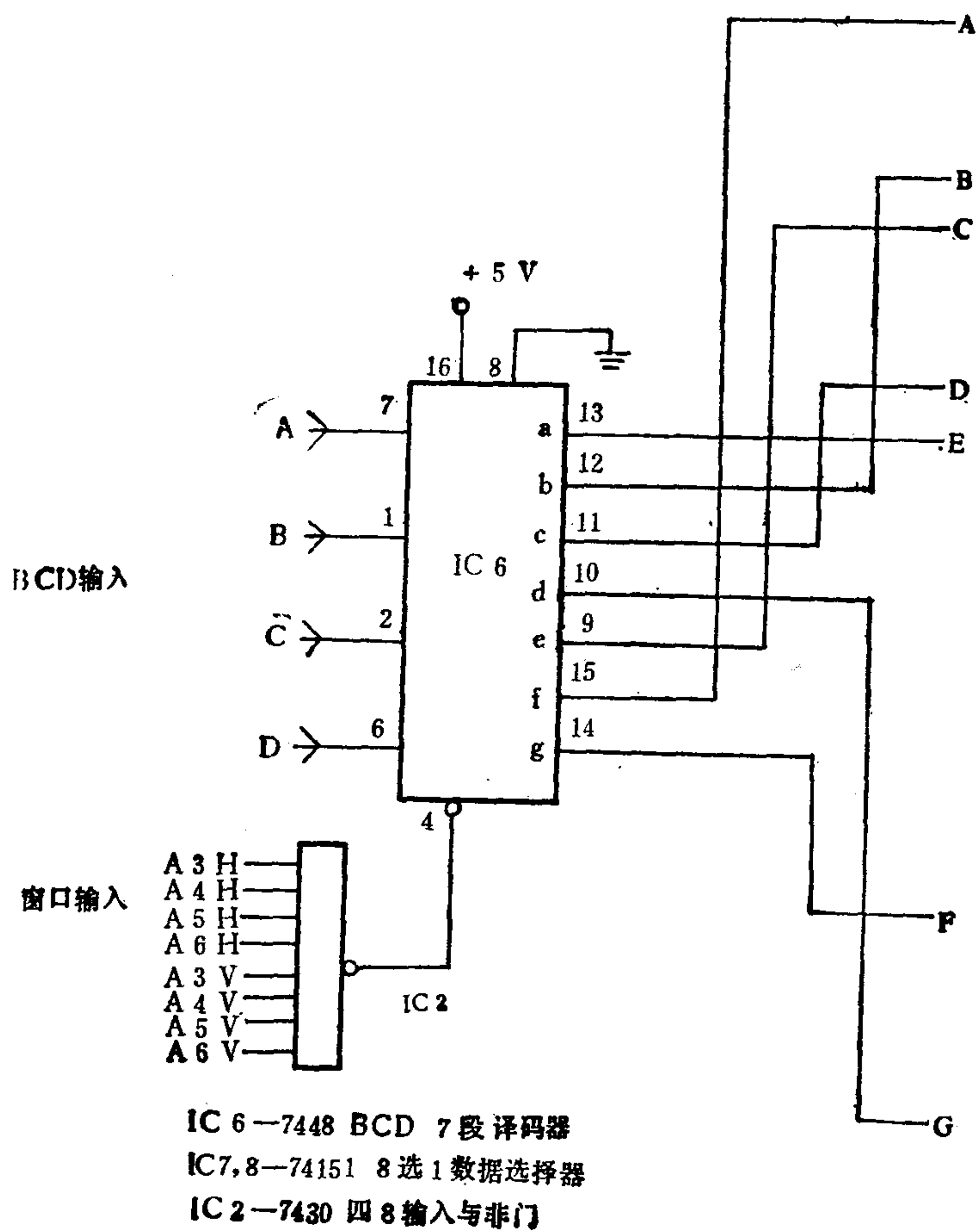
产生复杂图形时，必须开窗口进行限制，使屏幕上只出现一个图象，否则的话，整个屏幕上将出现许许多多的图形。

当你已确定好产生字符的H和V计数信号以后，开窗口就相当简单，应用在图9-2列出的一般规则，选择三个连续的H和V计数信号，送到IC7和IC8的六个地址输入，然后，将所有高位的H和V计数信号加到窗口输入。为了固定图形在屏幕上的位置，必要时将它们当中一些反相。

假定读者选择A0H＝8H，A1H＝16H，A2H＝32H；因此A0V＝8V，A1V＝16V，A2V＝32V。就注意到了数据选择器的寻址输入。余下高位信号64H，128H，256H；64V，128V和256V，都送到IC2的窗口输入。为了使图形在屏幕上有一个较好的显示位置，信号在送到IC2之前可以将其中一些反相。如果读者对这一部分不太熟悉的话，可以复习一下第四章有关图形开窗口的内容。

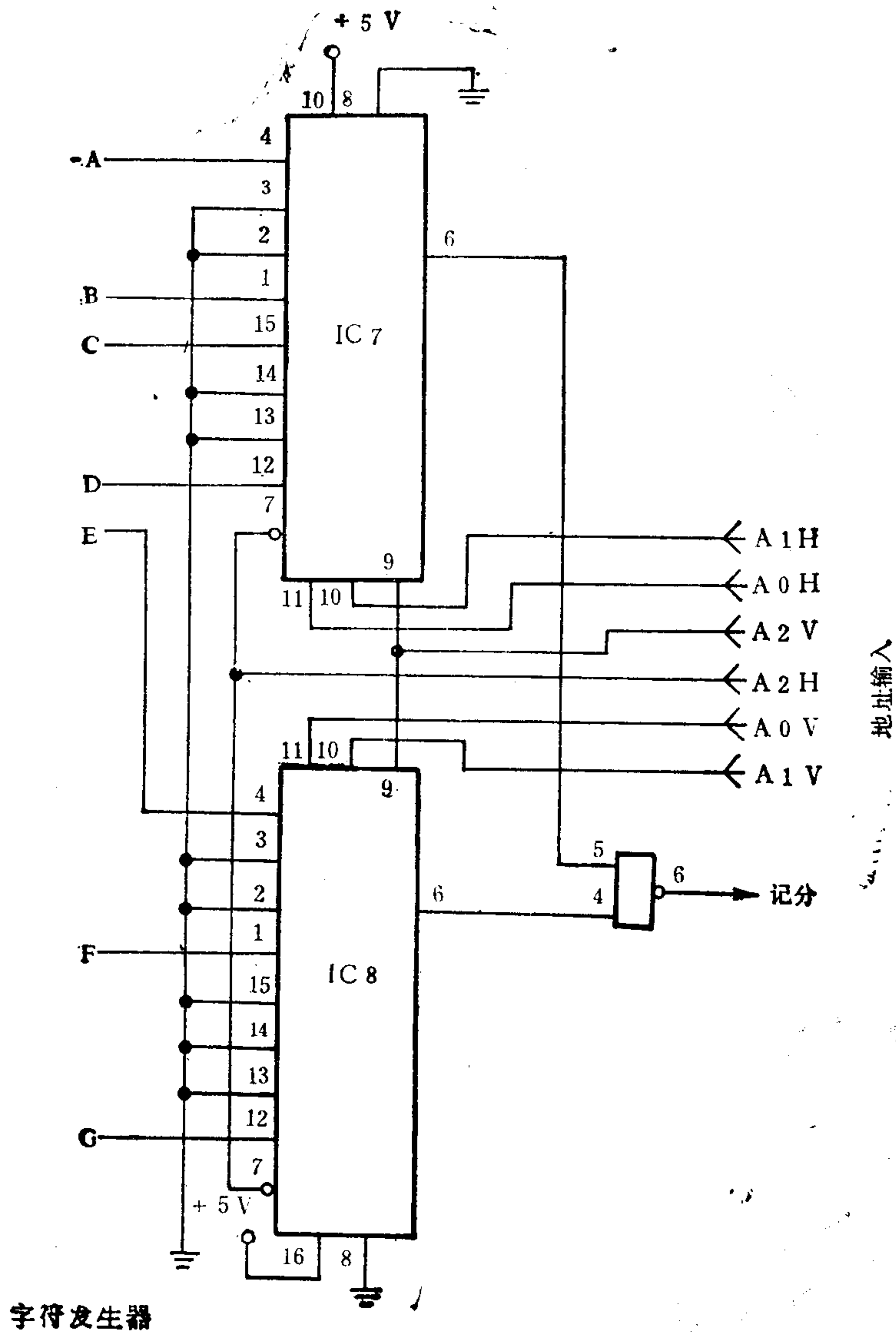
固定了地址和窗口输入以后，把逻辑1和0的电平加到BCD输入，就可以产生数字了。如果四个BCD输入接地的话，荧光屏上将出现0。数字在屏幕上显示的大小，由选择的地址输入决定，它的位置由选择在窗口与非门IC2的反相或不反相的输入决定。

将输入A的地线断开，让其它三个接地，这时在荧光屏上出现数字1。如果4个BCD输入不与任何信号相连，它们将自动呈现逻辑1的状态，这时在屏幕上不显示任何数字。读者必须记住



IC 6—7448 BCD 7段译码器
IC7,8—74151 8选1数据选择器
IC 2—7430 四8输入与非门

图9-3 一位数字


+5 V
10
8
4
A
3
2
1
B
15
C
14
13
12
D
7
E
IC 7
6
9
11
10
A 1 H
A 0 H
A 2 V
A 2 H
A 0 V
A 1 V
地址输入
11
10
9
4
3
2
1
F
15
IC 8
14
13
12
G
7
6
5
4
6
记分
+5 V
16
8
字符发生器

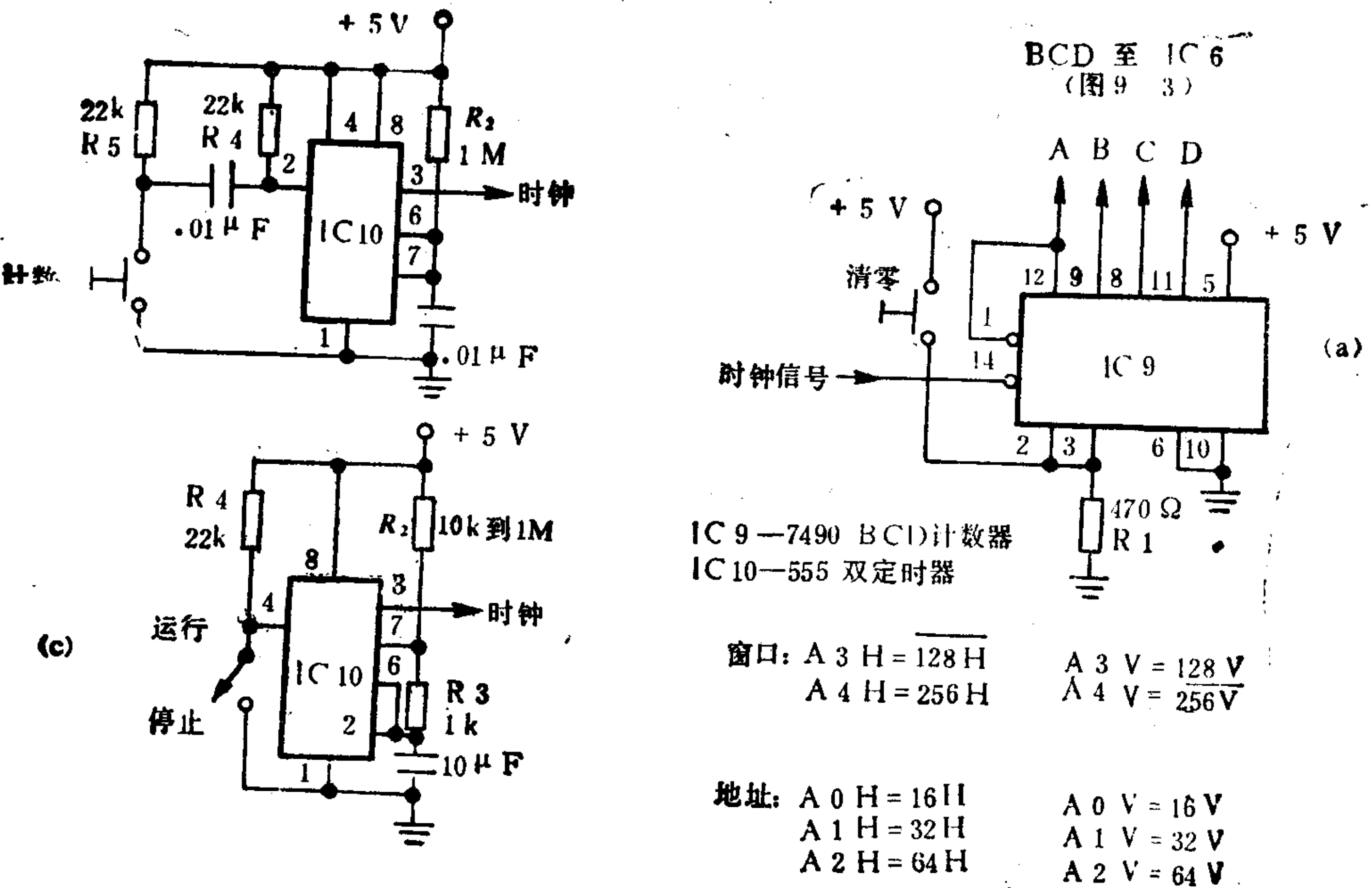


图9-4 一些实验用的一位字符发生器电路 (a) BCD计数器输入 (b) 单稳时钟信号源 (c) 自由振荡时钟信号源

这个系统只对有效的BCD码，0～9的二进制代码起作用，任何大于9的输入数字，将产生没有意义的数或者根本不产生。

如果读者对图9-3的电路有兴趣，可以将A～D输入端的编程跨接线去掉，用BCD计数器代替，如图9-4（a）所示。

这个计数器电路可以计时，图9-4（a）或9-4（b）上的电路都可使用。图9-4（b）是一个结成单稳多谐振荡器的555定时器，按下**计数**（COUNT）按钮时，定时器产生10毫秒的脉冲，使计数器加1，并在屏幕上显示增加了的数字。计数器可以随时清零，只要按**清零**（CLEAR）键就行了。这是一种典型的游戏机记分显示系统，每产生一次记分脉冲（计数操作），屏幕上显示的数字加1。

图9-4（c）上的555定时器，接成一个自由多谐振荡器，频率在每隔6～8秒产生一个脉冲至10Hz之间，它决定于R_2的值。R_2的值越大，振荡频率越低。

图9-4（c）电路可以做计数器的**时钟**（CLK）信号源，并使它按时钟频率自动增加，显示的数字也随之增加。它可以藉助于**停止/运行**（STOD/RUN）开关进行启动和停止。按下**清零**按钮可使显示的数字清零。

这种自由振荡式的计数器，用于显示游戏时间。

两位数字显示电路

只要得分或游戏时间不超过9，用一位数字显示就可以了。但是大多数游戏机记分记时的数字都超过9，因此需要显示两位数。

图9-5是一个两位数字显示的一般原理图。它们具有完全相同的字段标记，二者相隔一个数字的距离。在大多数记数和记时使用时，左边表示十位，而右边表示个位。

两位数字产生电路和一位数字产生电路原理完全相同。但是在两位数字产生电路中，A3H用来区分10位和个位。当A3H在逻

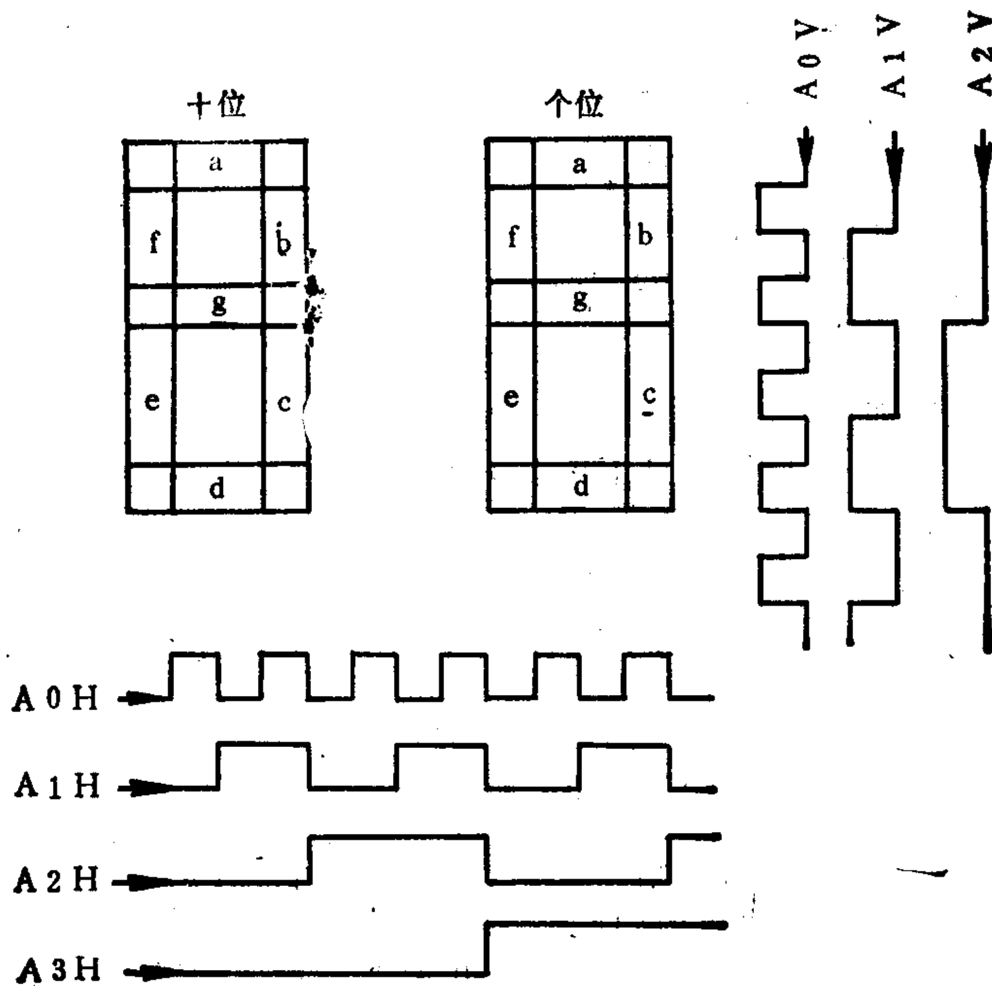


图9-5 两位数字显示，相关的H和V计数波形

辑0时，系统产生十位数字；A3H升到逻辑1时，它就产生个位数字。

BCD码的译码电路和在屏幕上的7段数字显示电路，与图9-的一位输出电路是相同的。窗口电路也一样。

图9-6告诉读者，基本的输出电路怎样改成两位数字显示电路，IC12是四2选1数据选择器电路，它用于选择两位数字的BCD码。当选择（SEL）输入在逻辑0，数据选择器将个位计数器IC9的BCD码送给图9-3上的IC6。当送到选择输入端的A3H信号升到逻辑1时，IC12从10位计数器IC11供给BCD码。

图9-3的输出电路是在给定的任何时刻，对两个不同的BCD码当中的一个进行采样。A3H处于低电位时，它采集和显示

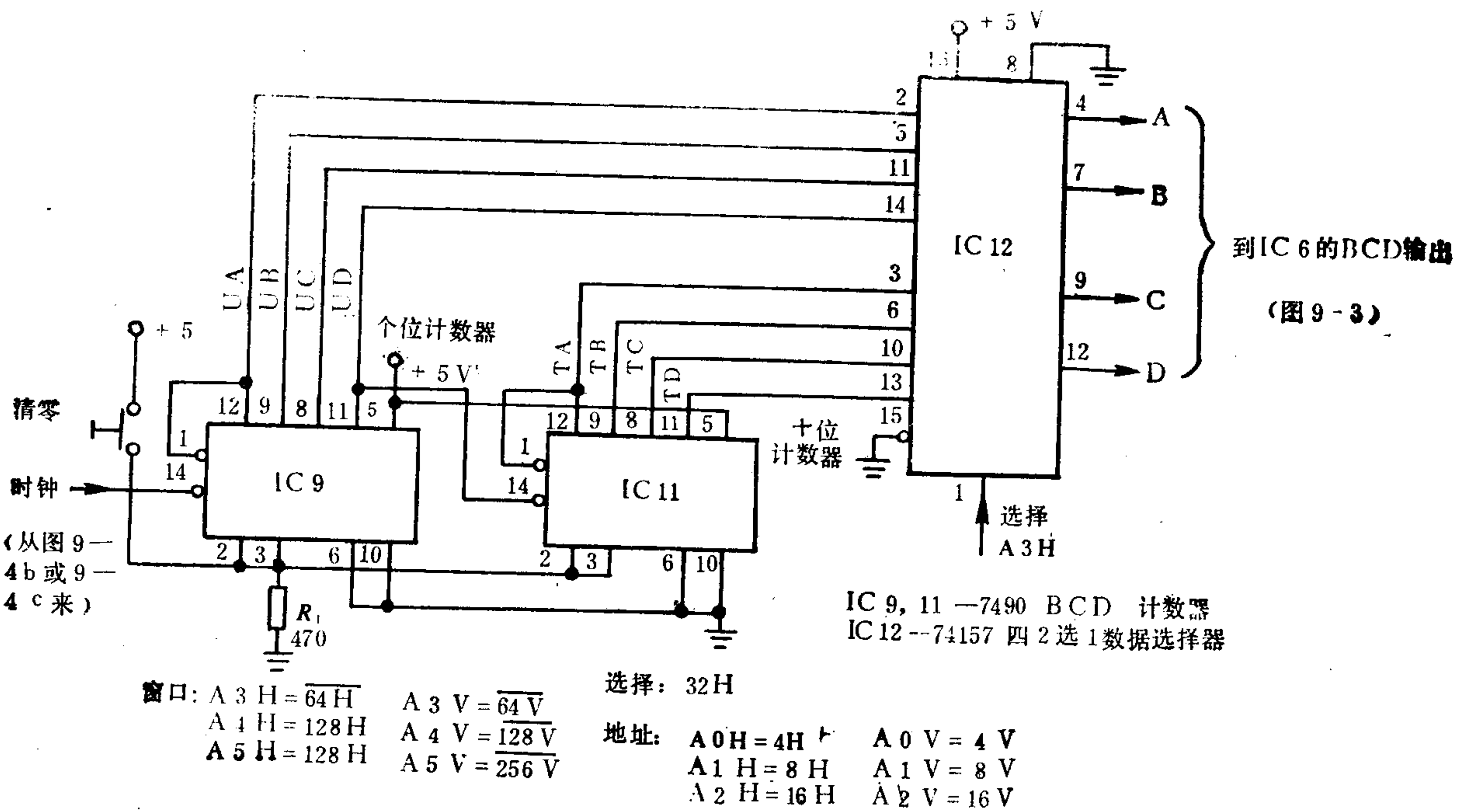
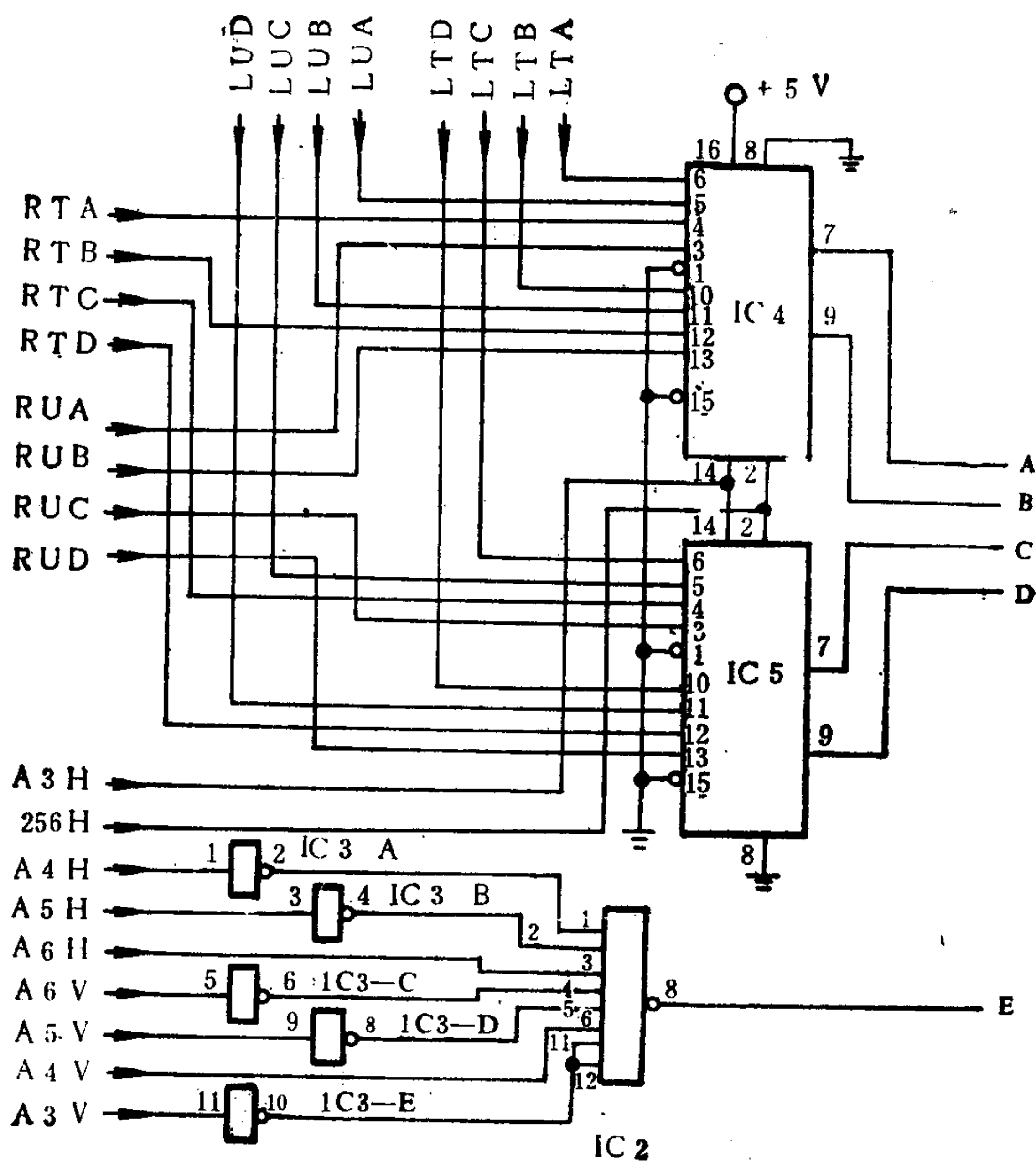
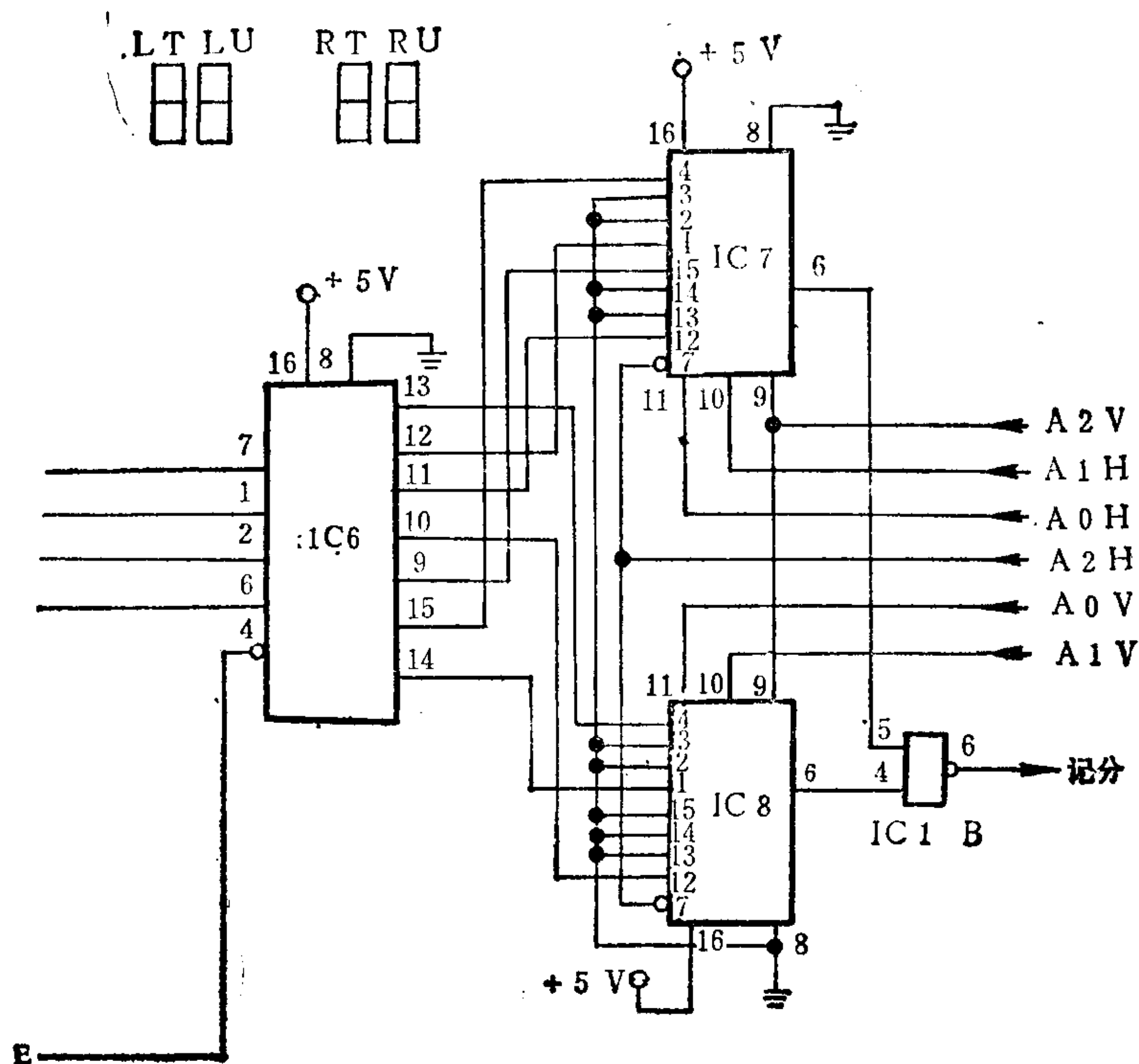


图9-6 两位数字显示的2位计数器输入，它产生00到99的数



IC1，—7400 四2输入与非
IC 2—7430 8输入与非门
IC 3—7404 六反相器
IC4，5—74153 双4选1数据选择器
IC 6—7448 BCD 7段译码器
IC7.8—74151 8选1数据选择器

图9-7 一个完整



推荐的技术条件：

窗口：A 4 H = $\overline{32H}$　　A 3 V = $\overline{16V}$
　　　A 5 H = $\overline{64H}$　　A 4 V = 32 V
　　　A 6 H = 128 H　　A 5 V = $\overline{64V}$
　　　　　　　　　　　A 6 V = $\overline{128V}$

选择：A 3 H = 16 H 和 256H

地址　A 0 H = 2 H　　A 0 V = 2 V
　　　A 1 H = 4 H　　A 1 V = 4 V
　　　A 2 H = 8 H　　A 2 V = 8 V

的双2位显示发生器

IC9的数据；A3H处于高电位时，它采集和显示IC11的数据。图9-6的IC9和IC11组成2-10进制的BCD码计数器系统。这个显示电路将BCD码译码，并转换为图9-5上的两位数字显示。

图9-6计数器可从图9-4（a）和9-4（b)任一电路输入信号，使计数增加。

这个图还告诉我们一组用于实验的窗口、选择和地址技术条件。地址技术条件是三个连续的H和V计数信号，选择技术条件总是下一个较高位的H计数信号，开窗口是一组合信号，它包括反相的和不反相的较高位的H和V计数信号。

在显示一个数字时，地址输入确定图形的大小；窗口技术条件将固定图形在屏幕上的位置。在显示两位数字的情况下，选择输入区分十位和个位。

双二位数字显示

许多电视游戏机要求显示两个游戏者的得分情况。这意味着在屏幕上有两套完全不相同的数字，通常一组在左上角；另一组在右上角。图9-7的电路能够做到这一点，在屏幕上呈现两对数。它还可以产生比较简单的数字显示，因此广泛地用于各种游戏机中。

电路的工作原理，基本上和前面介绍的一位和两位数字显示电路相同。唯一的差别就是在给定的任一时刻，有四个不同的BCD码送到双4选1数据选择器IC4和IC5。它们根据14脚和2脚的选择输入，选取其中一个送到BCD-7段数字显示译码器。A3H输入使两位数字之间有一定的空位；256H选择输入将两组数字显示分离。

当IC4和IC5的选择输入为00，该系统就接受左边显示的十位BCD码（左10位）；A3H转到逻辑0，256H仍为0，它就选择左边显示的个位BCD码（左个位）。右边显示的十位和个位数字，在256H为逻辑1，A3H分别为1或0时接受BCD码。

IC2用其他地方不使用的、所有较高位H和V计数信号的

反相和不反相形式开窗口显示。开窗口输入是否需要反相决定于显示的数在屏幕上的位置。用窗口输入做一些试验会使你获得一些有用的编程知识，对今后的设计工作大有裨益。

图9-7的电路可用图9-6两组10进制计数器使其工作进行试验，那些在屏幕上不显示的四位数，它们相应的BCD码可不必管，不与任何东西相连。这些输入端产生的逻辑电平1使数字在屏幕上消隐。

记分电路

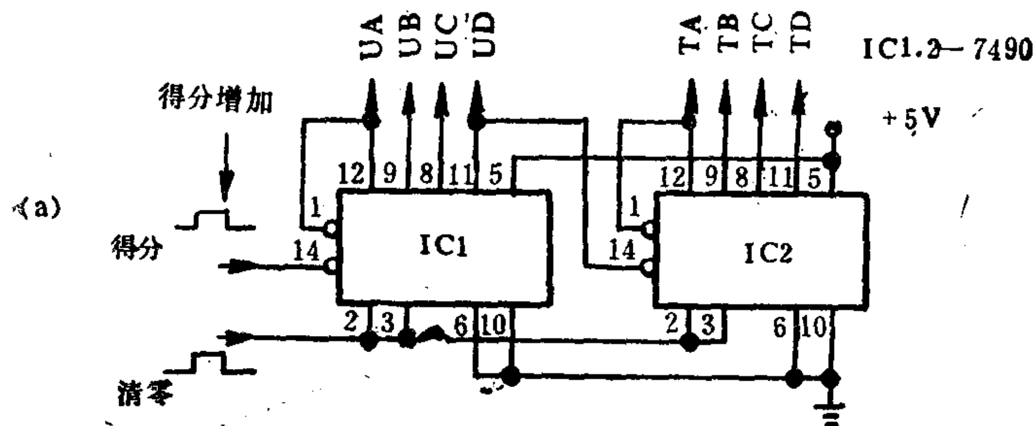
电视游戏机的记分就是把游戏者玩的好坏记录和显示出来。电路设计人员只要确定哪些情况算游戏者得分，然后将表示所得分数的逻辑脉冲送到计数电路。当玩下一次游戏时，必须将原来的得分清零，因此游戏机要设有清零装置。

有些游戏机记分系统可能相当复杂。它们要根据不同的游戏难度，显示不同的分数，有一些游戏机还不止一个人玩，因此就更加复杂了。游戏者的得分显示过程是游戏机控制的一部分。

最简单的记分电路

最简单的记分电路就是游戏者胜一次记一分。让我们回头看看第八章高尔夫球游戏机。它的记分电路非常简单，是一个由**挥棒**（SWING）脉冲触发的计数器电路。它记下挥棒脉冲的数目。

图9-8（a）是一对串接的二进制计数器，它供给从00到99的BCD计数信号。游戏者每得1分就在电路上出现一个正向脉冲，这个脉冲的负边触发计数器，使计数增加。计数器的清零由**清零**总线上的正脉冲完成。保持**清零**总线为逻辑1，那么不管得分如何，这些计数器都可以清零，并予以保持。



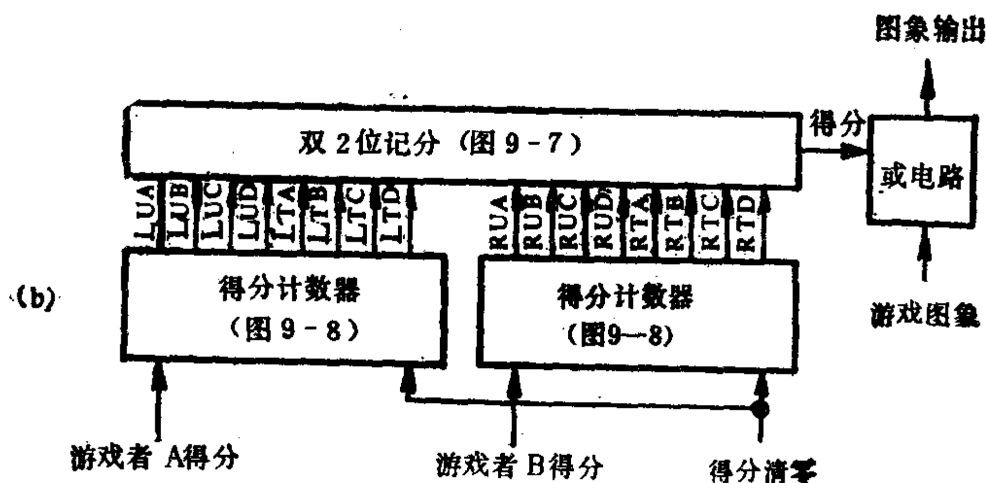


图9-8　简单的记分电路

（a）二位得分计数器（b）两个得分计数器与双二位发生器电路连接

图9-8（a）的**个位**（U）输出是个位BCD码，它送到图9-7得分数字产生器的左边或右边的个位输入端。图9-8（a）的**十位**（T）输出则是十位BCD码。

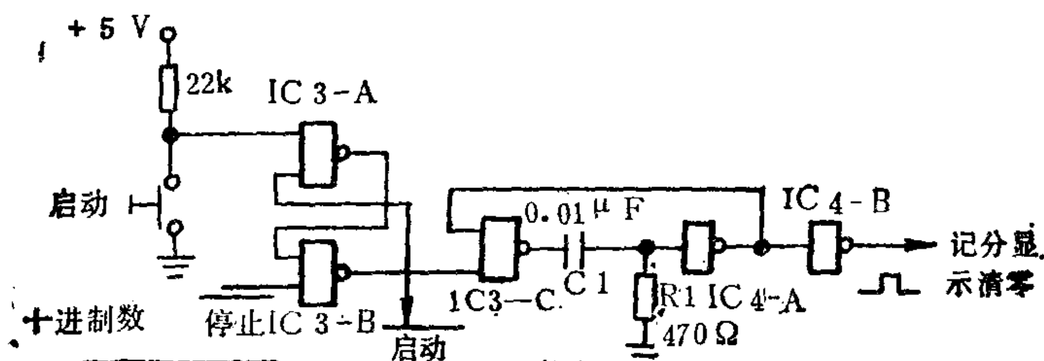
一对计数器可以同时显示两个游戏者的分数。图9-8（b）的方框图告诉我们，两个计数器如何与完整的得分数字产生器相连。当游戏者A得分时，显示的分数也随着增加；游戏者B得分时，他的记分也跟着增加。这两个计数器有公用的**清零**总线，它们同时在相同的条件下清除原来的记分。

图9-8(b)的“或”电路只是表示，得分发生器的输出在加到信号源盒的输入端之前，与游戏的主图象信号相或。

记分和游戏控制

许多类型的电视游戏机，要求记分达到某一数时，游戏结束或改变游戏内容。它们的记分系统是游戏控制的一部分。

图9-9（a）是一个典型的电视游戏机控制电路。它主要的部分是一个R-S触发器，按下启动（START）按钮后被置位，



(a)

去游戏电路

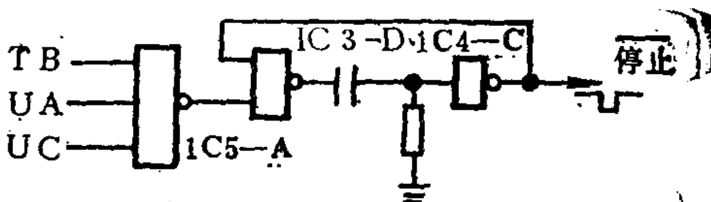
十进制数

DEC	BCD D C B A
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

(b)

十位　个位

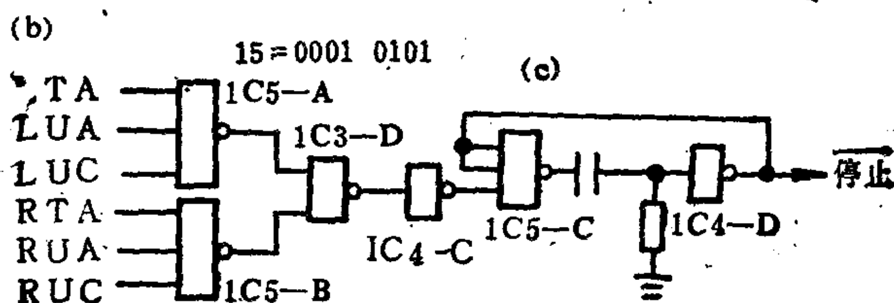
25 = 0010　0101



单人游戏达到25分时游戏机停止工作.

(c)

15 = 0001　0101



任一游戏者得15分时游戏停止.

(d)

图9-9　由得分控制游戏机的电路　（a）游戏开始时，记分显示自动清零（b）得分计数器真值表　（c）单人游戏得25分时，游戏机停止工作（d）双人游戏时其中一人得15分时游戏停止。

低电平的停止脉冲使它复位。启动按钮按下后，游戏机开始工作；停止脉冲出现后，游戏结束。当停止脉冲由记分电路产生时，记分电路就成为游戏控制的一部分。

假定图9-8（a）上的一个游戏者的两位记分电路控制这个游戏机。按下启动按钮使图9-9（a）上的IC3-B的输出从逻辑1降到0，脉冲发生器产生一个脉冲，反相后，从IC4-B输出正向脉

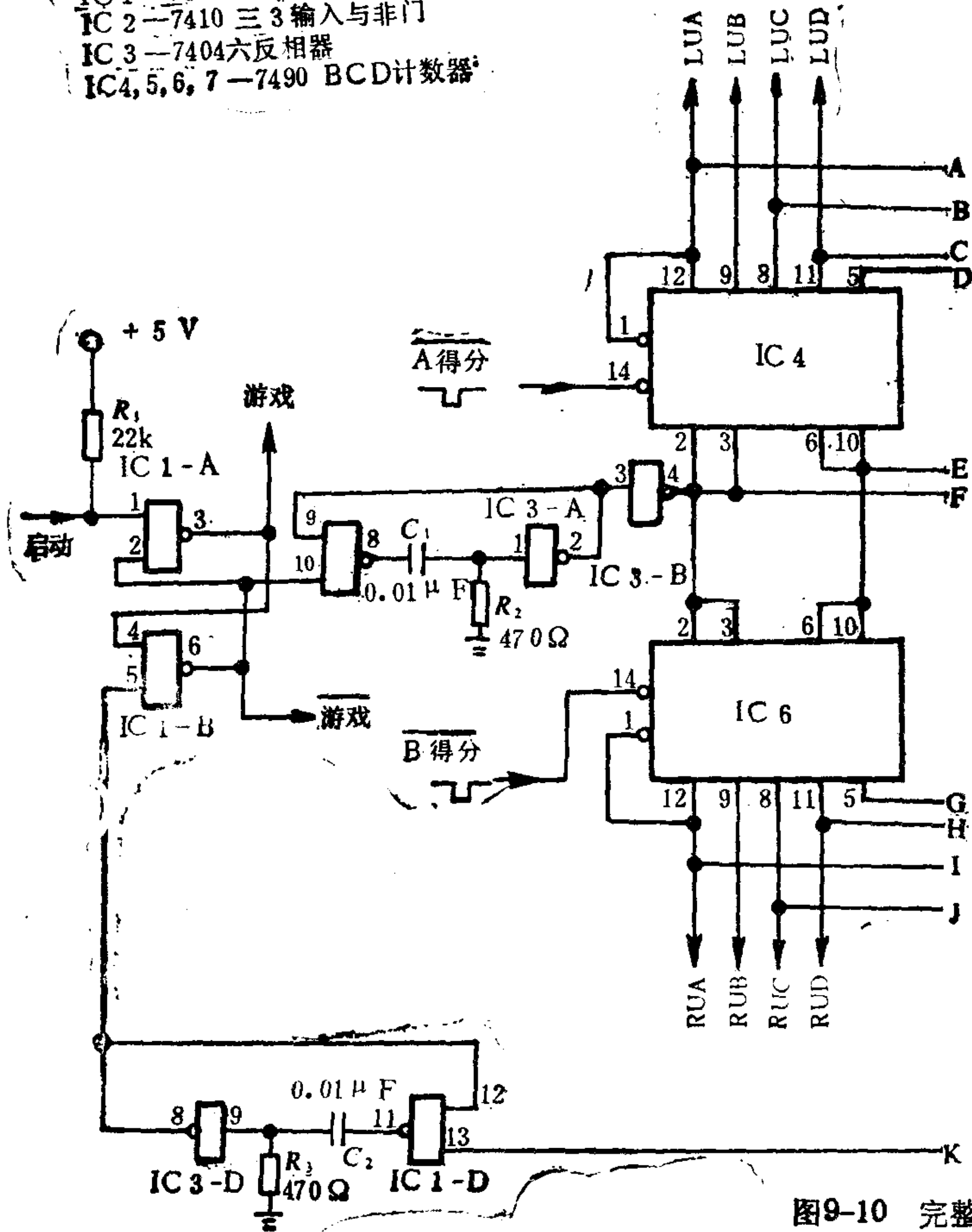
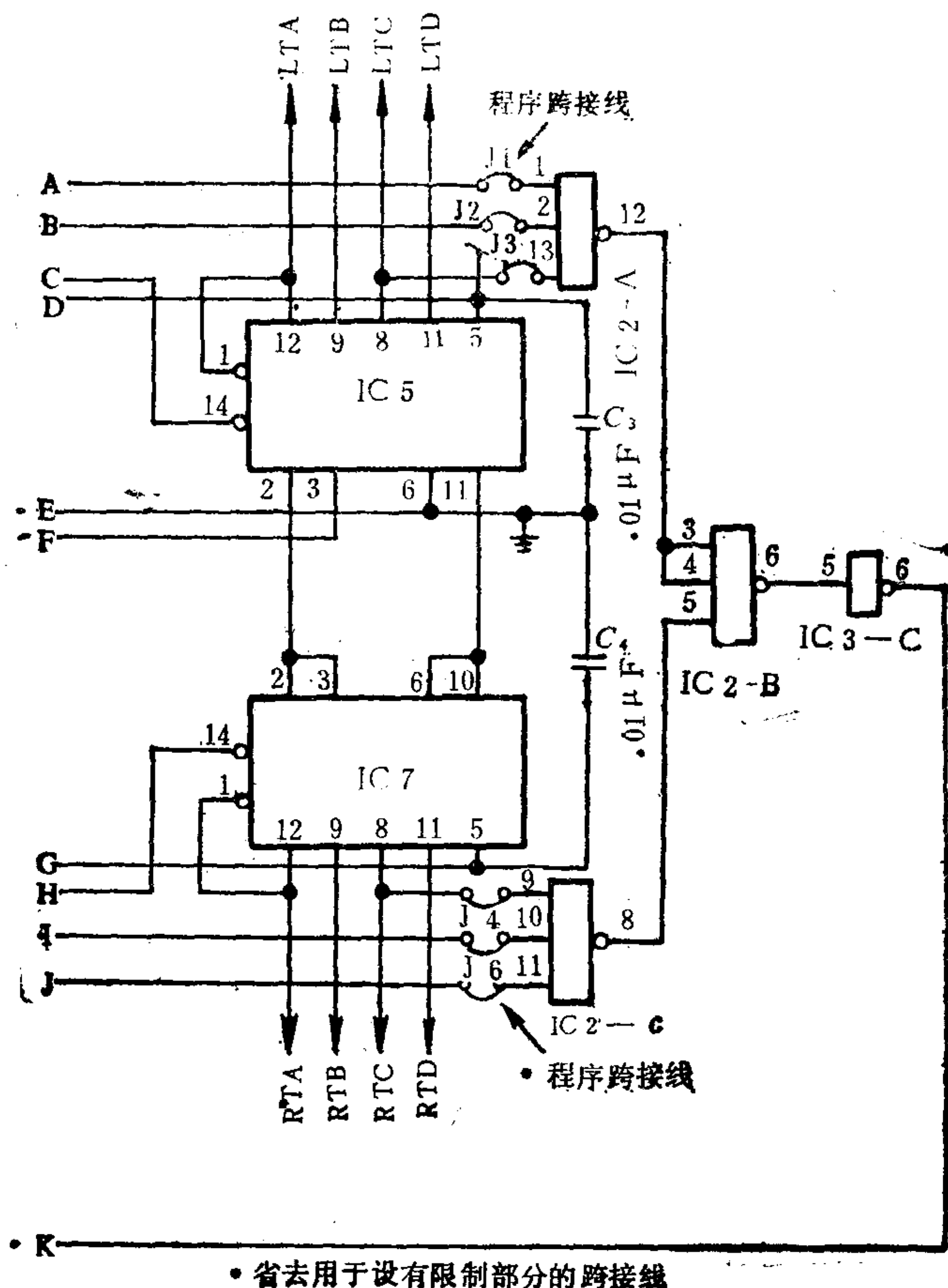


图9-10 完整的

冲。这个脉冲送到计数器的清零总线，使两位数字为0。

游戏进行时，记分逐渐增加，趋近预先确定的游戏结束分数。假定游戏结束时的分数为25，当十位计数器达到二进制的2（0010），个位计数器达到5（0101），游戏应该停止。换句话说，游戏在第一次TB=1，UA=1和UC=1时应该停止。

图9-9（c）的3输入与非门，用于检测计数情况。正常情况



• 省去用于设有限制部分的跨接线

双人游戏控制电路

下，这个门的输出为逻辑1；当计数器给出25的BCD码时下降到0。这时图9-9（c）的脉冲发生器产生一个负向脉冲，送到图9-9（a）的游戏控制电路的**停止**输入端，使游戏机停止动作，在屏幕上保持25分不变。

记分清零后，按下**启动**按钮，游戏重又开始。

停止记分控制电路就是检测出游戏机要停止工作时的记分，把计数器处于逻辑1的输出接到与非门的输入。图9-9（b）的表总结了计数器在10种不同的计数输入时，它的输出状态。检测停止计数信号的与非门必须足够大，用以处理所有个位和十位中的1。通常用一个3输入与非门就可以满足了，但在一些特殊情况下，如要求在得分为47(十位计数器为0100，个位记数器为0111)时停止游戏，那么就要使用4输入与非门了。

图9-9（d）的电路告诉我们，当任一游戏者的分数达到15时，机器是如何停止工作的。得分检测电路与图9-8（b）中的两个游戏者的记分电路一起使用，其目的是在某一游戏者达到取胜分数时，使游戏停止，并将结果固定下来。

IC$_5$-A检测屏幕上左边的记分，IC$_5$-B则检测右边显示的分数．IC$_3$-D将它们的输出相或，并在某一游戏者达到取胜分时，产生逻辑1电平。这个逻辑电平经过反相加到脉冲发生器，最后送到游戏-控制电路中的触发器的输入。IC$_5$-A和IC$_5$-B组成的检测电路，可以测出所要求的记分。

图9-10是一个完整的双人游戏两位记分显示的游戏控制电路。它把图9-9所有各部分的功能都组合在一块板上，两个游戏者的最后分数规定为45。如果IC$_2$-A和IC$_2$-B的输入是用跨接线连接，它可在BCD码不多于三个1的任何分数进行停机。

这块板必须与图9-7的得分发生器连接，它的计数器输出连到发生器相应的BCD码输入端。IC$_1$-A和IC$_1$-B的**游戏**(PLAY)及**游戏**端连到游戏机的初始化电路。本章后面将详细介绍接口程序。

我们从它记分电路的角度讨论了游戏机的一般控制，必须指出，这个控制电路还可以用单人游戏机的程序控制。举例说，当记分达到某一数时，目标运动的速度增加，而在游戏者的分数达到规定的标准时游戏结束。

加权记分

许多实用的游戏机要求有加权记分。加权记分就是根据游戏的难度，有些游戏动作多记，有些少记。如足球游戏中，底线得分记6分，一般踢进球门只得3分，罚点球只得1分。我们在电视游戏机上也可以做到。

图9-11的电路是一个相当简单的加权记分电路，它有9个得分输入S1到S9和一个**时钟**输出。时钟输出用于使得分计数器计数，它在本章前面已经介绍。S输入用来接收游戏系统来的得分脉冲。

假定某一游戏动作成功，要求给游戏者记2分。这时，游戏系统产生一个负脉冲，加到S2输入端，使**时钟**输出端出现两个时钟脉冲；如果同一个游戏中某一动作成功要求记4分，那么得分脉冲加到输入端S4，它使**时钟**电路产生4个脉冲输出。

因为**时钟**电路输出脉冲触发计数器，游戏者的记分就将增加2或4。这个电路可以处理1～9之间的加权记分，读者可以选择1个或所有的加权记分输入端。

要知道这个电路如何工作，让我们观察一下图9-11集成块工作时各点的波形。为了便于讨论，我们假定某一游戏动作成功记5分。

当计5分的游戏动作完成时，游戏电路的负脉冲送到S5输入端。这个脉冲应持续100微秒，这一要求是容易满足的。

IC5在数字电路手册中通常列入优先编码器一类，但是它也可作为十进制数到BCD码转换器。它的输入和输出都是低电平，第二脚输入降到逻辑0时，将使它的4个输出呈现十进制5的反相

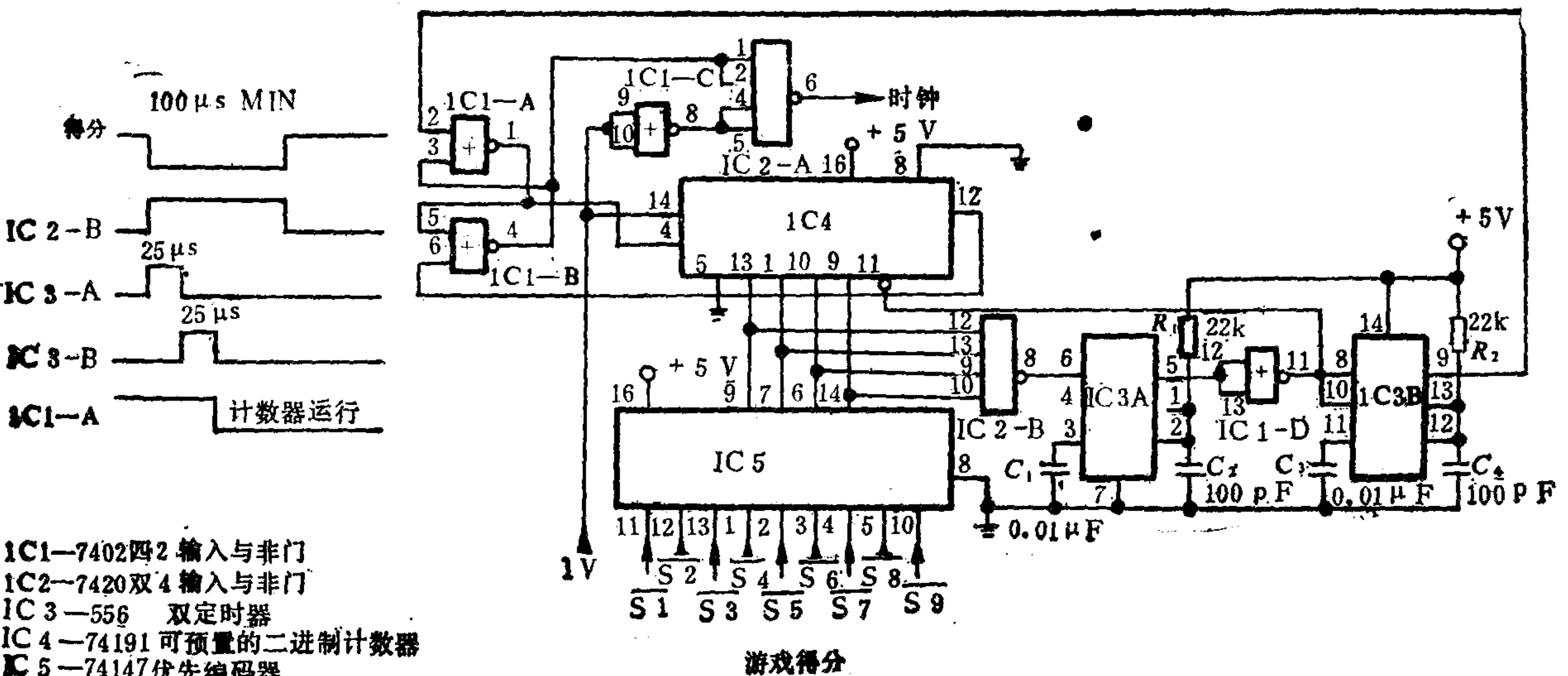


图9-11 不同游戏动作获得1—9的不同分数的加权记分电路

BCD码。5的高电平BCD码是01001，低电平BCD码是1010。第二脚为逻辑0时将使4个输出为1010，第9脚为最低有效位，第14脚是集成块最高有效位输出。

4输入与非门IC2-B检测记分脉冲加到IC5的情况，并产生一个高电位的记分脉冲。请看图上IC2-B的输出波形，它加到可以复位的单稳多谐振荡器IC3-A，产生一个持续时间为25微秒的正向脉冲。

来自IC3-A的脉冲，总是从记分波形的起点开始，经过IC1-D反相，送到可预置的二进制计数器IC4的11脚输入端。换句话说，这个计数器在出现记分脉冲时，送进IC5的二进制输出。

IC1-D的负向脉冲触发第二个单稳多谐振荡器IC3-B，产生第二个25微秒的脉冲。从波形图可以看出，当第一个脉冲结束时。第二个脉冲出现。

第二个脉冲使IC1-A和IC1—B组成的R—S触发器工作。IC1-A输出逻辑0电平；IC1-B输出逻辑1电平。这两个输出引起下面两种情况同时发生：IC1-A的逻辑0电平送到允许操作端第4脚，使计数器工作；IC1-B的逻辑1电平打开门IC2，使1V脉冲在**时钟**输出端出现。

现在让我们总结一下：得分输入端的负脉冲将在IC5的输出端产生反相的BCD数码，它表示应记多少分。同一个输入脉冲启动两个25微秒的脉冲序列，第一个送到计数器，第二个使计数器启动，使时钟脉冲在**时钟**输出端出现。

现在的问题是电路如何知道什么时候停止计分？在计数器第4脚输入信号被启动时，它的预置输入已经送进一个数码。假定这个数码是反相的二进制数5，1010，计数器把它转换为高电平输入，变成二进制数10。计数器工作后，它以1V的速率从10往上开始计数。（1V与IC4第14脚时钟输入相连）。当计数器计数到二进制数15（1111），第12脚最大/最小输出上升到逻辑1，

使IC1-A和IC1-B组成的触发器复位。复位后，计数器停止工作，并使**时钟**脉冲通过的门关闭。

简而言之，计数器IC4达到最大计数所需要的1V时钟脉冲数，等于在$\overline{S}$输入端进入的得分值。$\overline{S1}$为逻辑0使这个电路产生一个**时钟**脉冲；$\overline{S2}$为逻辑0时它产生两个**时钟**脉冲，这样下去一直到$\overline{S9}$，它使电路出现9个**时钟**脉冲。

图9-12是一对加权记分电路，它与双人游戏记分计数器和数字发生器相连。加权记分电路用于这种结构或其他记分电路，它只是取代记分计数器的**时钟**或得分脉冲输入。

第二章的弹子球游戏机，使用最复杂的加权记分电路。

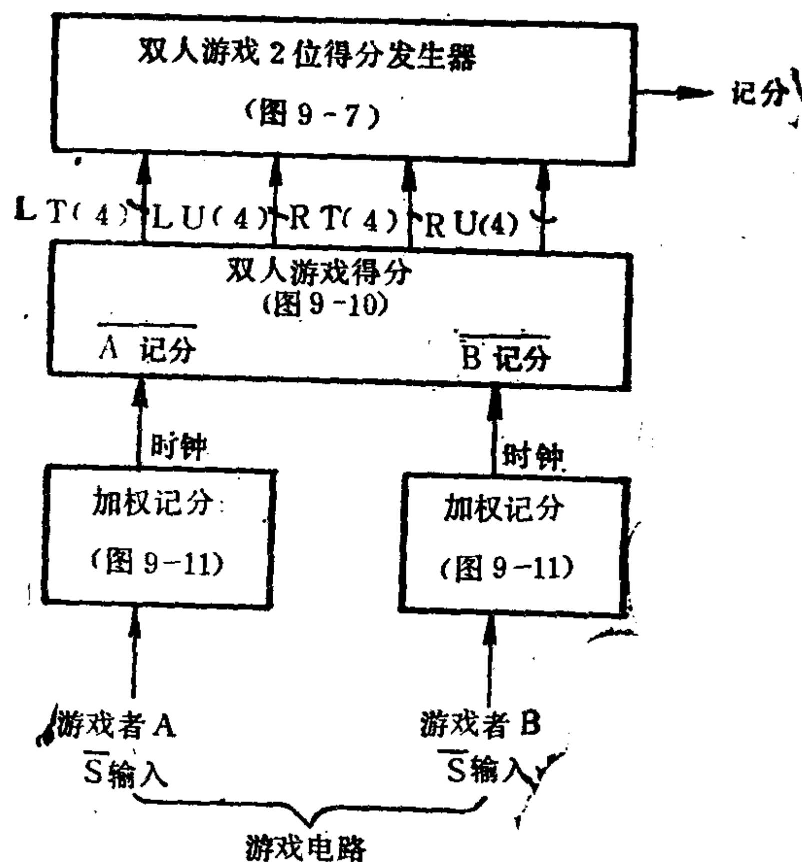


图9-12　加权记分电路与双人游戏得分及满分字符发生器连接

记 时 电 路

游戏时间显示相对来说比较直观。我们先找一个频率为1Hz的脉冲源，送到一个具有分秒功能的计数器，然后加上自动启动、停止和清零控制，这就可以显示游戏时间了。

图9-13告诉读者如何从50Hz**场复位**(VRST）信号源中产生精度为1Hz的计时脉冲。这个电路使用两个计数器，它们由两个7490串联组成。7490是一个特殊的时钟运行的二进制计数器，他自动地从0数到4，然后又回到0。它的作用有两个，一是作为5分频计数器；二是10秒的二进制计数器。在图9-13上，7490用作5分频电路。

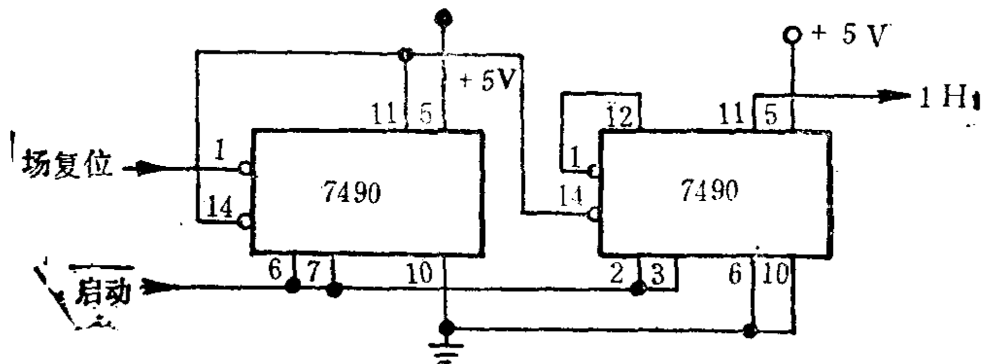


图9-13 将信号源50Hz的场复位脉冲变为1Hz定时脉冲的简单分频电路

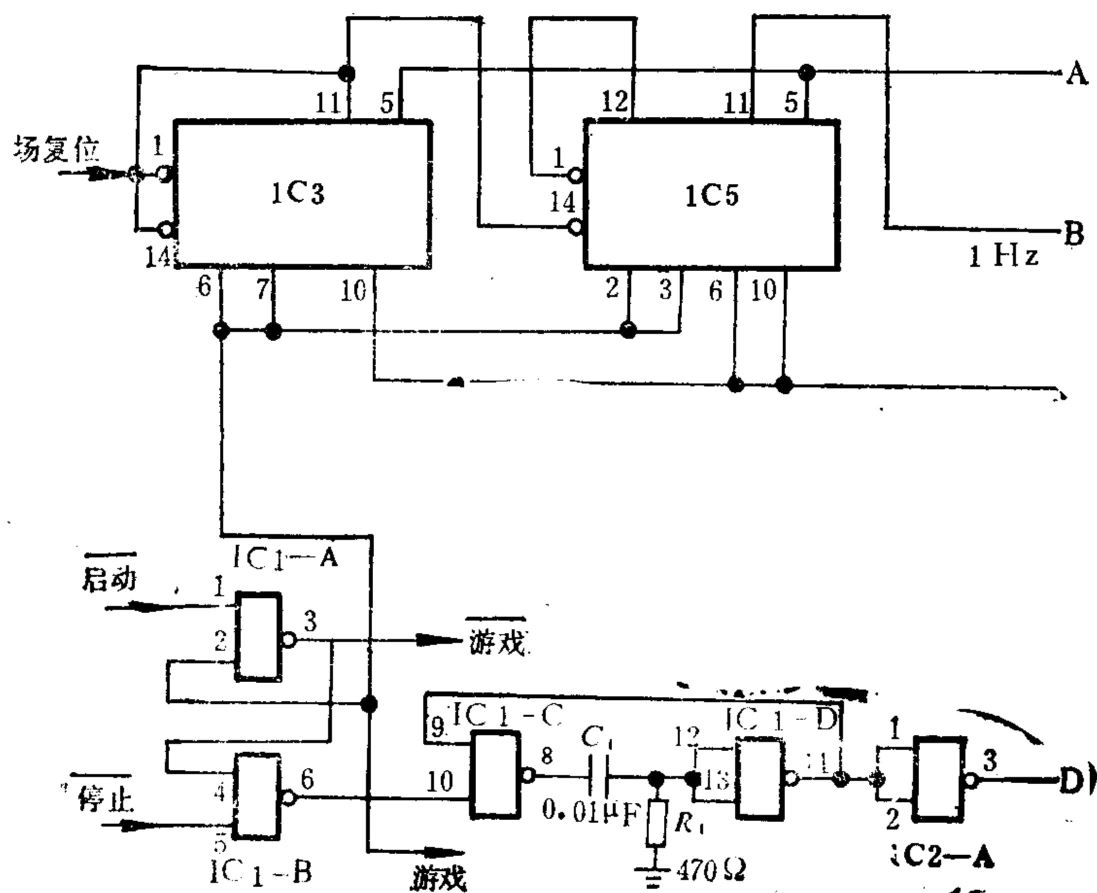
场复位脉冲加在7490第1脚的输入端，它以10Hz的速率在第11脚出现。这些脉冲送到7490BCD计数器进行10分频，获得精确的1Hz脉冲波，其占空度为50%。它是所有游戏时间显示电路的主要时钟信号。

只要**启动**（START）输入为逻辑0，电路就产生1Hz的输出脉冲。如果由于某种原因，启动输入变到逻辑1，就不再有脉冲输出，计数器被有效地清零和停止。要是使**启动**又回到逻辑0，

频率为1Hz的脉冲重又出现。

这个50Hz～1Hz的转换器，或叫分频器与图9-14上最常用的游戏时间显示电路配合使用。**场复位**脉冲加到IC3的第1脚，只要游戏机处于**游戏**状态，频率为1Hz的脉冲就在IC5的第11脚有输出。

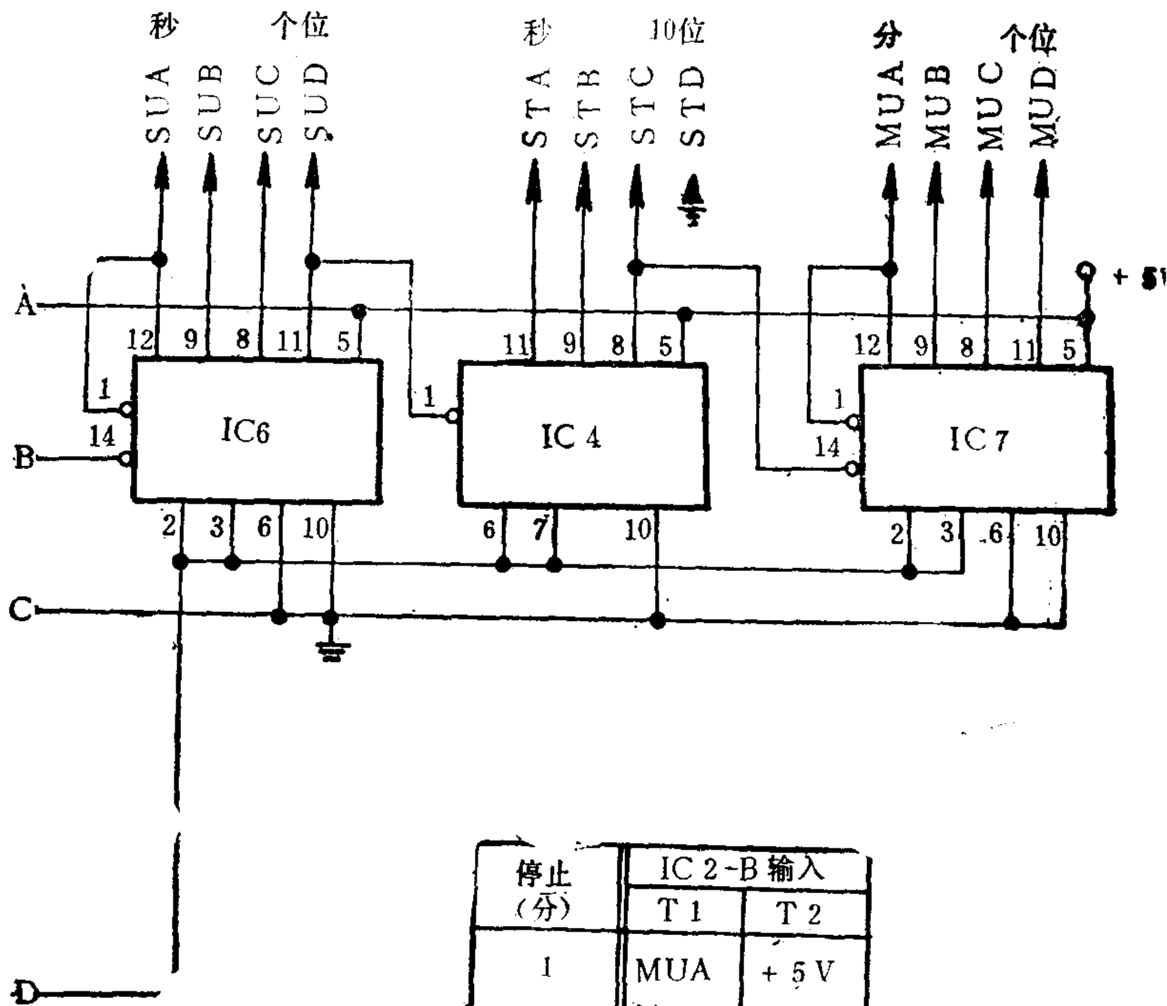
图9-14的IC6用于BCD计数器和10分频的分频器。在14脚时钟输入端出现的频率为1Hz的脉冲，使计数器以1Hz的速率计数，并在四个输出端产生表示秒的BCD码。



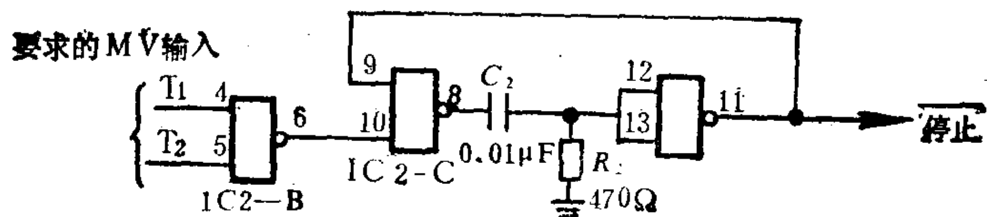
IC1,2—7400四2输入与非门
IC4—7492÷6 计数器
IC3,5,7—7490 BCD计数器

图9-14 可以测量游戏时间

IC6的最高有效位输出，以每10秒一次的速率变化，这是将1Hz的输入时钟脉冲进行10分频。这个输出脉冲使另一个7492 6分频计数器IC4计时。它的三个输出每隔10秒输出一次，产生0



停止（分）	IC 2-B 输入	
	T 1	T 2
1	MUA	+5 V
2	MUB	+5 V
3	MUA	MUB
4	MUC	+5 V
5	MUC	MUA



从0到9分59秒的计数电路

到5的范围内，以10秒为周期的周期数。

总之，IC6和IC4构成秒计数器，它从0到59秒循环，IC4的第8脚输出每一分钟改变一次状态，这个脉冲使另一个BCD码计数器IC7计时。

IC7是一个分计数器，它的计数范围从0到9，这样我们用它们构成一个从0分0秒开始直到9分59秒结束的完整的记时系统。这个时间足以用来玩一次电视游戏。

图9-14的计数电路，通过**启动**和**停止**控制逻辑与电视游戏机相连。当游戏机因某种原因要停止时，**停止**输入暂时处于逻辑0。$\overline{R}$-$\overline{S}$触发器处于**游戏**状态：IC1-A的输出为0，IC1-B的输出为1。IC1-B的输出为逻辑1使50Hz～1Hz的分频器停止工作(IC3和IC5)，并使余下的计数得不到计时脉冲而计数停止，IC6、IC4和IC7表示已过的时间。

已过的时间存储在分秒计数器，直到IC1-A的**启动**输入为0，下一次游戏开始。触发这个电路中的**启动**输入使IC1-B的输出为逻辑1，从而使50Hz～1Hz的分频器重又产生1Hz的计时脉冲，同时它还触发脉冲发生器（IC1-C和IC1-D）使分秒计数器清零。

当一个新的游戏周期开始时，记时电路输出自动清零，然后按1Hz的速率记时并显示出来。说到这一点，图9-14的电路就象一个跑表。**启动**输入端的脉冲使显示器清零后，记时开始，在**停止**输入端的脉冲使记时停止，并继续显示原来的时间不变。

大多数具有计时功能的电视游戏机叫定时游戏机。它们是在经过一定的时间以后，游戏自动停止。图9-14插入部分的三个与非门可以加进去，产生定时停止游戏。

这个电路就是一个与脉冲发生器连接的与非门。输入与非门IC2—B检测游戏要停止的时间，IC2—D产生一个负脉冲送到IC1-B的**停止**输入端，使计数停止，并保持原来的时间。

图9-14的表告诉我们，哪些计时输出应与IC2-B的输入连

接。假定游戏在三分钟以后停止，IC2-B的输入应是IC7来的**分个位**A（MUA）和**分个位**B（MUB）。当IC1-A的**启动**输入端的负脉冲使游戏开始后，一直到三分钟后结束，MUA和MUB都为逻辑1。IC2-D来的负脉冲使记时停止。

如果游戏受IC1-A和IC1-B的**游戏**和**游戏**输出控制，那么游戏与计时紧密地联系在一起，计时器工作，游戏也在进行。

图9-15告诉我们游戏时间显示电路如何与图9-7上的数字发生器以及游戏逻辑系统连接

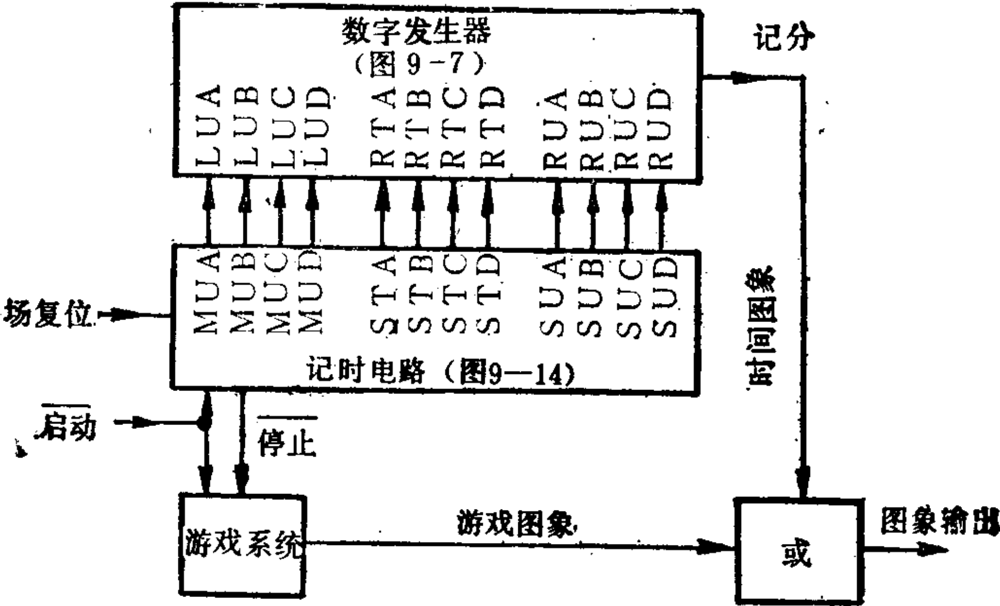


图9-15 记时电路与字符发生器的连接，以及一些定时游戏的电视游戏机

现有游戏机记分和记时电路的装设

前几章叙述的电视游戏机可以加装本章介绍的记时记分电路。这只要在原来电视游戏机上加装两块电路板就行了，没有其他更多的要求，麻烦之处在于拆装和固定。

高尔夫球得分及洞穴显示电路

在第八章叙述的高尔夫球游戏机上，装上记分显示电路也许最为简单。一般的方法是加装图9-16的电路。它可显示00～99的9穴记分以及正在击的穴号。

IC1和IC2构成游戏机的记分单元。这两个计数器串联，记进00到99的二进制数码。每当IC1的14脚时钟输入端送来BT(图8-18的球定时器）的正向脉冲时，计数增加。游戏者每一次按下**挥棒**按钮时，定时器输出一个正向脉冲，游戏者击球得分后，计数随着增加。

按下**记分复位**按钮，使游戏开始时的记分为0。这个按钮应该加装在高尔夫球游戏机原来的控制台上。

IC1和IC2的BCD码输出送到图9-7的数字-图形发生器电路。高尔夫球的得分情况通过接线在屏幕左边显示出来。

屏幕右边显示的个位数告诉我们游戏者正在击哪一个穴。图8-18的IC9是高尔夫球游戏的穴计数器，它的输出是0～8之间的BCD码。如果“C”输出直接加到记分数字发生器的RU输入，游戏者将看到正在记数0到8的穴，而不是1到9。

高尔夫球穴计数器记数时，必须加1进行修正。当它复位到0时，屏幕上将显示1号穴。穴计数器产生1的BCD码时显示2号穴，依次类推。

修正穴记数只要用一个加法电路加一个二进制1就行了。图9-16的IC3是一个4位二进制加法器，当BCD码在C输入端出现时加1。这种情况下的C输入取自高尔夫球相应的逻辑和数字板之间的接线。数字加1以后，在图9-16IC3的RU的输出端产生修正的穴数。

右边的十位（RTA到RTD）数字显示接地，它们在屏幕上不显示出来。

IC1和IC2用于高尔夫球记分；IC3将穴计数号变成高尔夫

1C1.2—7490　BCD计数器
IC3—74838　4位加法器
IC4—7400　2输入与非门

图9-16　高尔夫球游戏机的记分和穴位记数电路

球常规格式。余下的事情就是把主要游戏图象和数字显示结合起来。这项工作由图9-16的IC4-A、IC4-B和IC4-C完成。

IC4-A的输入是高尔夫游戏图象，通常它直接连到信号源盒；IC4-B的输入是得分信号或得分图象，它来自图9-7的数字产生电路。上述两种信号相或，产生游戏和得分复合图象信号。IC4-C的输出送到信号源盒的**游戏图象输入**（GAME VID IN）。

图9-16的电路可以装在一个插板上，它和图9-7的电路板一起，附加在高尔夫球游戏原来的电路板上。

伏击游戏的自动记分

第八章介绍的伏击游戏是一种动作很快的游戏，必须使用自动记分。这个记分电路为战士和敌人双方记分。屏幕上左上角显示的两位数字表示屏幕上出现的敌人的总数，右上角显示的另外两个数字表示游戏者实际击中的敌人。

自动记分就是应用图9-10两个游戏者的记分电路。它必须与图9-7标准的双记分数字发生器连接。事实证明，一个相当简单的伏击游戏机加装两个电路板后，可以扩展为全自动记分显示电路。

图9-17（b）是两个记分电路相连的接线图。把记分电路和现有的伏击游戏系统连在一起是比较简单的。从伏击游戏电路到两个记分板只有三个输入：图8-22控制台上的**启动**输入；图8-25连到电路板$\overline{\text{A得分}}$（$\overline{\text{A SCORE}}$）输入端；以及图8-25IC7-A第5脚到$\overline{\text{B得分}}$（B SCOKE）输入端。

将6根跨接线（如图9-10所示）去掉，记分就没有限制。

按下伏击游戏机控制台上的**启动**按钮，游戏机开始工作，两个记分显示器清零。每当一个新敌人在屏幕上出现时，游戏者A增加1分；每射中一个敌人游戏者B增加1分。伏击游戏在三分钟以后自动结束，屏幕上显示最终得分情况。

图9-17（a）的电路将伏击游戏的图象输出与得分输出结合

在一起。这个电路使用三个2输入与非门，它们在记分发生器电路中没有用上。将记分数字发生器的IC1如下连接：图9-7的SCO端连到IC1-B的输入，图8-26的**游戏图象输出**（GAME VID OUT）连到IC1-C的输入（不连到信号源盒）。

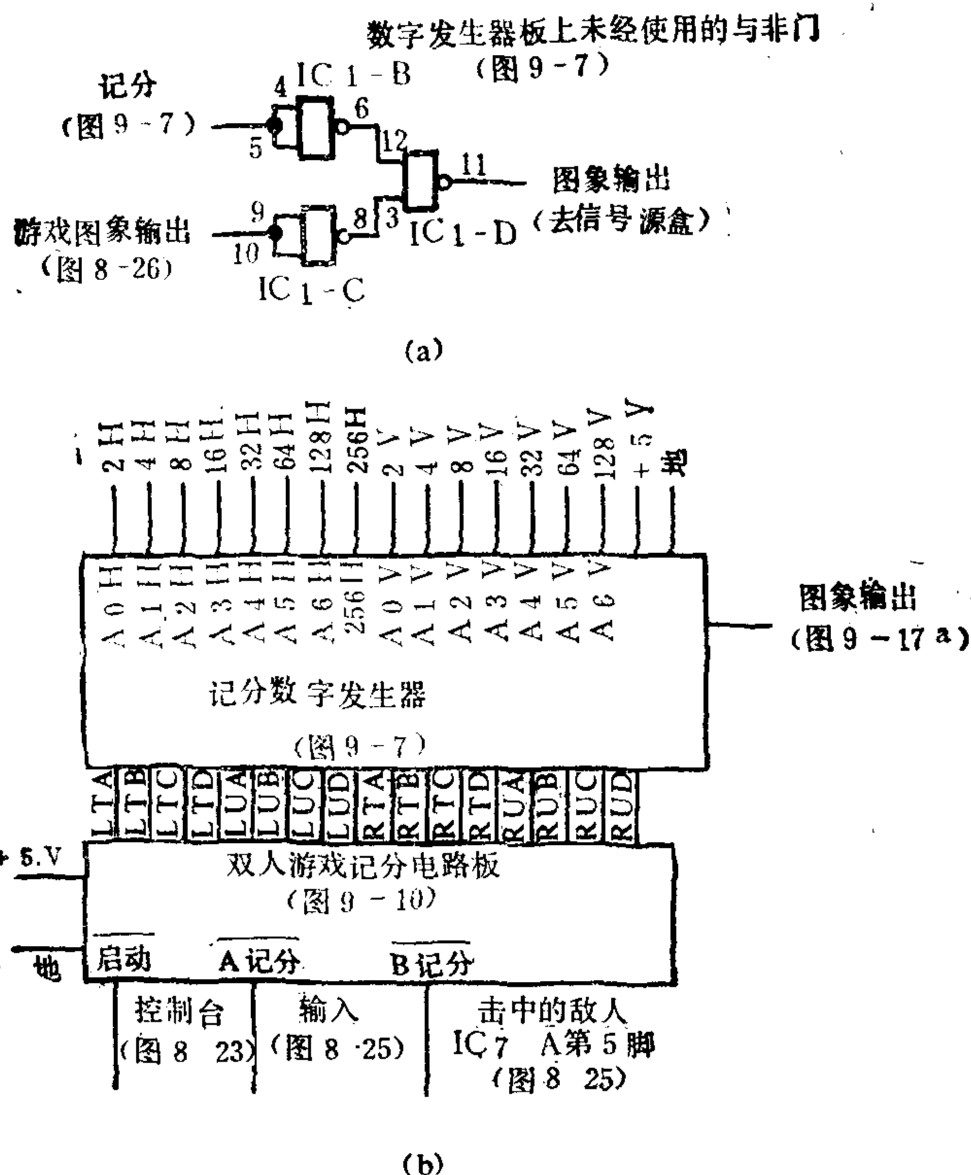


图9-17　伏击游戏机的记分电路

IC1-D的第11脚连到信号源盒的**游戏图象输入**，它使整个系统投入正常工作。这样，一个完全自动记分的伏击游戏就可供你游戏了。

第十章　图形回弹效果

典型的乒乓球电视游戏和网球电视游戏均借助于回跳，或者说是回弹效果。只要球一碰到球拍或者固定的界线，就会立即改变运动方向。

对于许多其他形式的电视游戏来说，这个效应也同样适用。而本章的目的就在于，为将回跳效果用于常见的电视游戏提供必需的基础知识。

此处所引用的例子中，大多数均假定回跳图形是由滑动计数器产生的。但是，正如本章最末所指出的，利用第八章的位置编程电路，很容易获得同一效果。

回弹效果要对运动图形与其他图形碰触的瞬间进行检测，碰撞后使得运动图形的水平运动方向或垂直运动方向与原来相反。

举例来说，假定球图形往右边水平运动，碰到屏幕右边的固定图形，随后立即掉转方向，向屏幕的左边水平移动。对于垂直方向运动的图形来说，上述情形也相同，当球图形在屏幕的上边碰到固定图形时，它的运动方向就会由向上变成向下。

图10-1为上/下回弹的方框图。除了由运动控制电路产生的可动图形外，它还包括产生上下边固定图形的电路。这三个图形信号发生器的输出在游戏图象电路组合，以产生在屏幕上显示这些图象所必需的视频信号。

只要球图形与屏幕上边的图形相碰，**碰上边界**(TOP HIT)方块就会产生逻辑输出，触发球图形控制电路，使球向下移动，直到碰到下边界的图形为止，而在此瞬间，**碰下边界**（BOTTOM HIT）方块产生逻辑输出，运动控制电路使球图形往上移动。

这样，球就能在上下两边界图形之间来回跳动，其跳动的频率取决于球的速度和固定图形间的距离。

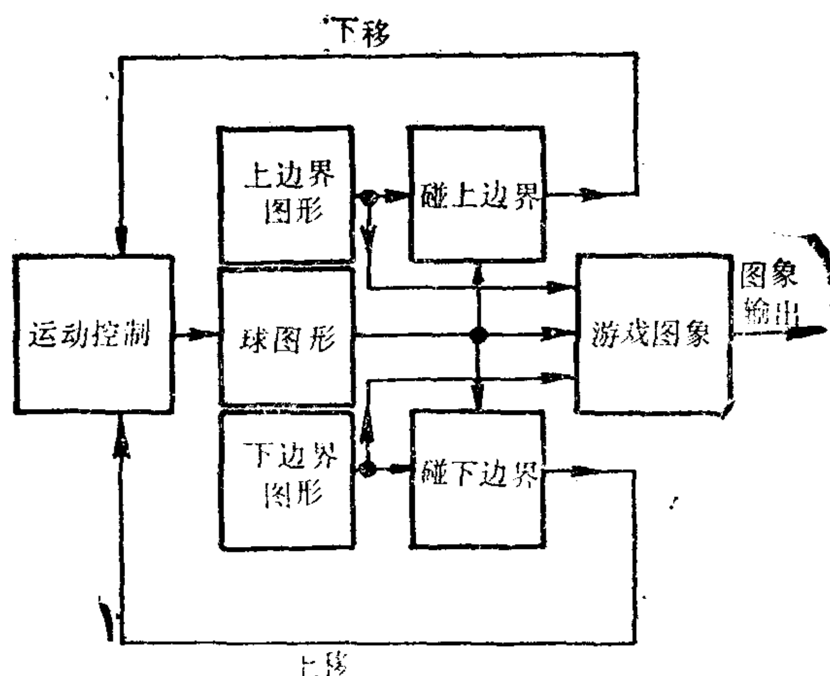


图10-1　回弹效应基本方框图

当然，上述情形也适用于球图形的水平运动，只不过要将上下固定图形改为左右固定图形，并且采用了水平运动控制电路。图10-2是球的垂直回弹电原理图。

此例中，球图形是个4H×4V的正方形，固定图形则是靠近屏幕上边和下边的白线。球图形的水平位置由送至负向脉冲发生器的126H信号固定在屏幕中间，发生器由IC1-B和IC4-D组成。球图形的垂直可移动的位置来自另外一个信号发生器(IC1-A和IC4-C组成)，它从垂直滑动计数器电路的128V获得输入信息。球图形信号在IC7-A汇合并经过IC6-B倒相。倒相后的球图形信号一部分被送到IC2-A，在此与上下边图形信号相或，另一部分则被送到由IC3-A和IC3-B组成的上下接触检测电路。

在这种情况下，下边界图形为一条265V的窄线，上边界图形则是距离屏幕顶边约8V的白线。这两个固定图形信号发生器输出在IC2-A与球图形信号合在一起，构成电视游戏的复合图象信号。

情况	8VC	4VC	2VC	1VC	响应
碰上边界	0	1	0	1	0.64帧/秒　往下
碰下边界	1	1	0	1	0.64帧/秒　往上

图10-2　垂直回弹电路

IC3-D和IC3-C组成R-S触发器。当IC3-B检测到球图形与上边图形接触时，该触发器就置位（IC3-D逻辑电平输出为1）。而当IC3-A检测到球图形与下边界图形相碰时，触发器复位（IC3-D的逻辑电平输出为0）。

图10-2电路的附表告诉我们，上边和下边的碰触是如何影响送至垂直滑动计数器的垂直控制字的。在上边发生碰触时，VC控制代码为0101。按图7-22的速度、方向控制表，这就意味着要求可动图形（此例中的球）以每秒0.64帧的速率向下移动。在下边发生碰触时，VC控制器的代码为1101，使球以每秒0.64帧的速率向上移动。

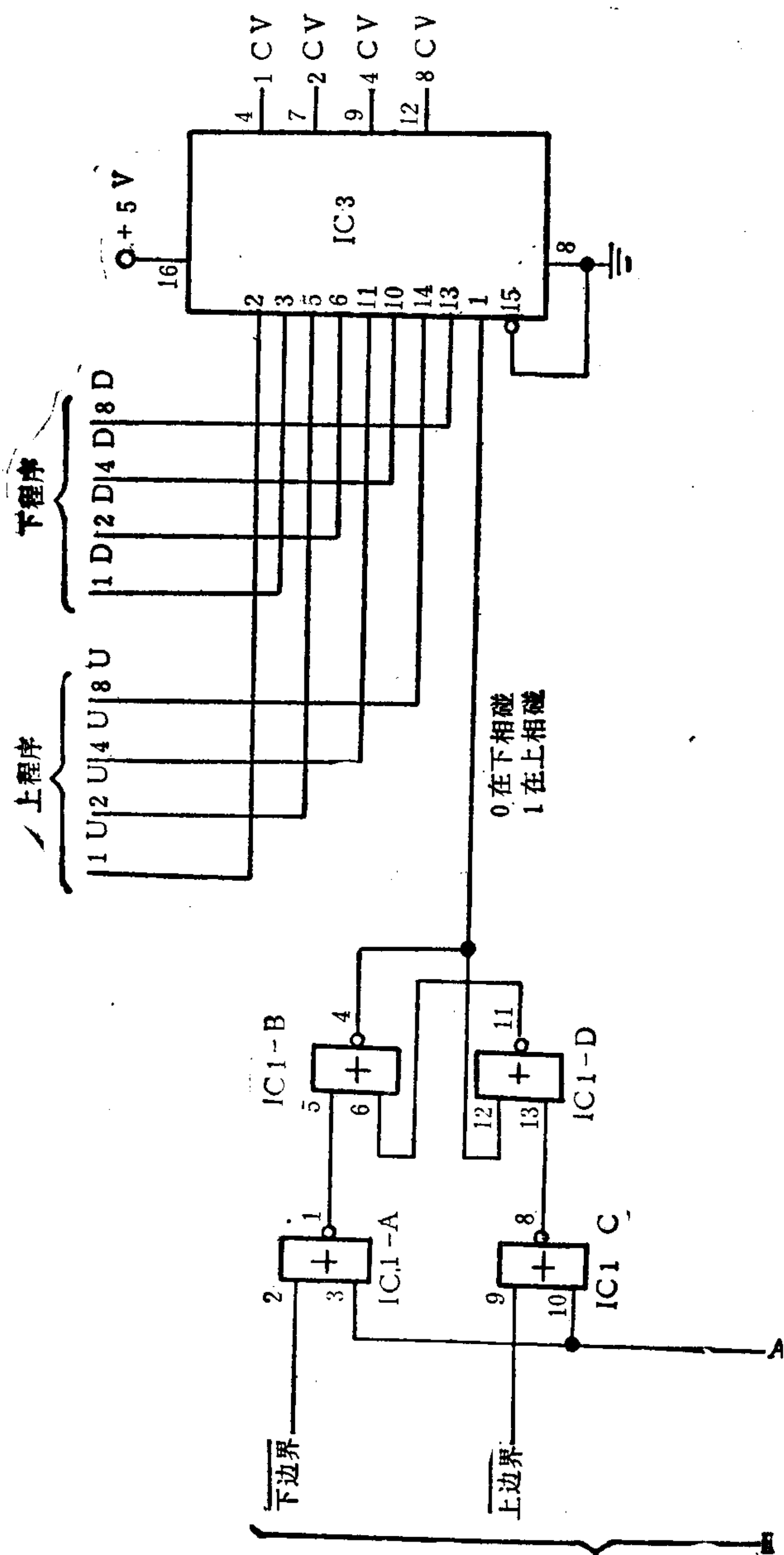
因此，按照图10-2给定的参数组装的电路使球产生回弹效果，大约以1Hz的频率垂直弹跳。

灵活的回弹控制系统

图10-3是单个图形在水平和垂直方向进行回弹的电路，它有四个输入：下边界图形、上边界图形、右边界图形和左边界图形。可动图形（$\overline{FIG}$）与任一固定图形相碰，R-S触发器（IC1-B与IC1-D或IC2-B与IC2-D）就处于使图形运动方向与原来相反的状态。例如，当图形往右边运动时，与$\overline{RT}$图形相碰，IC2-B和IC2-D所组成的触发器就变换状态，使可动图形的水平运动方向与原来反向。

水平和垂直运动代码由一对四2选1数据选择器IC3和IC4产生，我们可根据需要将方向和速率进行编程。发生碰触时，R-S触发器会自动选择代码。

IC3的**上移程序**输入要与使图形往上运动的1和0的组合连在一起，速率则由操纵者决定。同样，往下运动的频率则由**下移程序**确定，以上的基本概念同样适用于水平运动选择器IC4的**左移**右移程序输入。


+5V
IC3
1CV
2CV
4CV
8CV
上程序
1U
2U
4U
8U
下程序
1D
2D
4D
8D
0在下相碰
1在上相碰
IC1-A
IC1-B
IC1 C
IC1-D
下边界
上边界
A

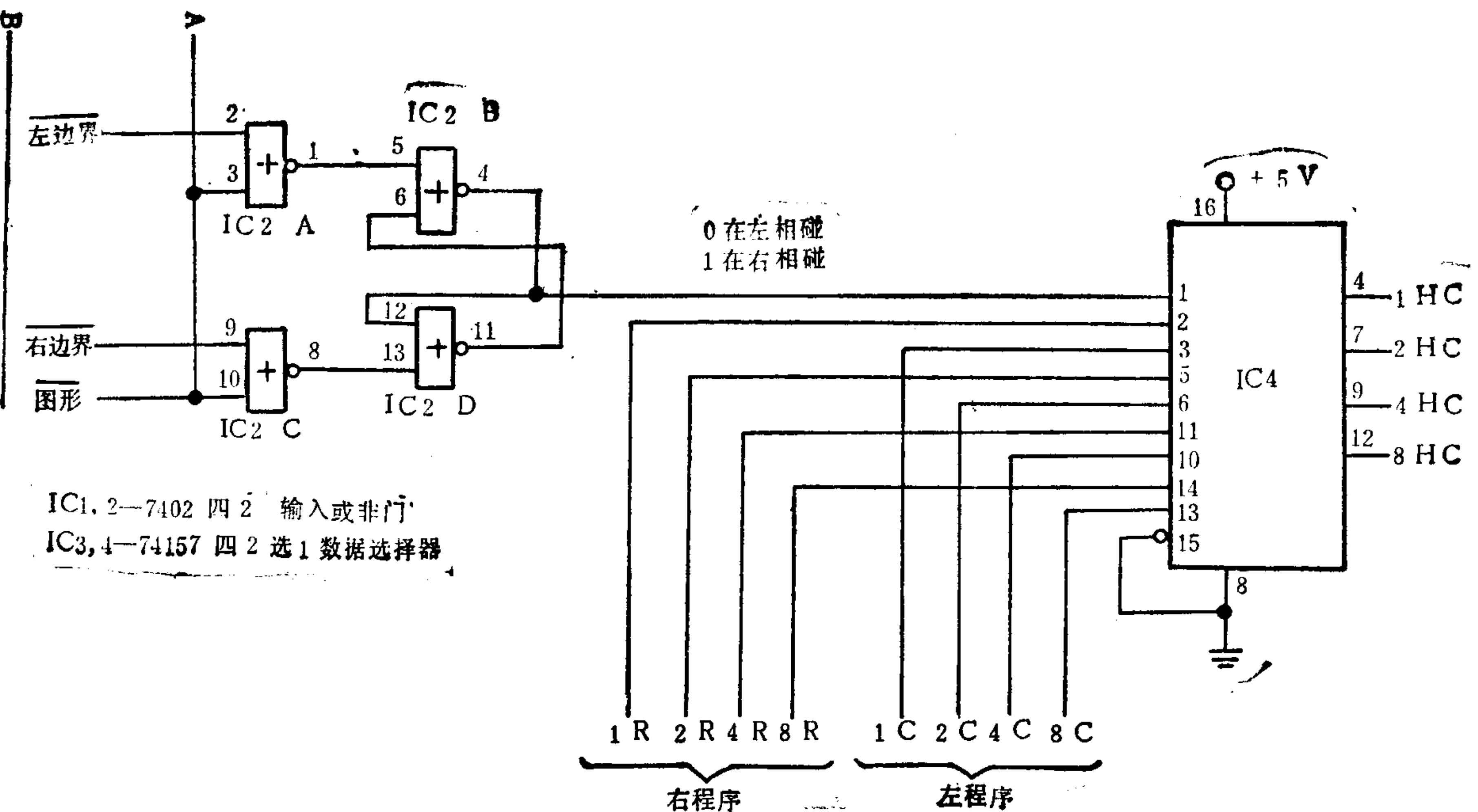


图10-3 通用水平和垂直回弹控制电路

图10-4的图表为所推荐的**上下**或**左右**程序输入。举例说，如果发出0101下移指令，在发生碰触后，上移指令便为1101。请将该表数据与图7-22的主控制表相比较。

	控制代码								
	前				后				
	8	4	2	1	8	4	2	1	
下或右 ↑	0	0	1	1	1	1	1	1	↑ 上或左
快	0	1	0	0	1	1	1	1	快
	0	1	0	1	1	1	0	1	
↑	0	1	1	0	1	1	0	0	↑
	0	1	1	1	1	0	1	1	
	1	0	0	0	1	0	1	0	
停止	1	0	0	1	1	0	0	1	
上或左 ↓	1	0	1	0	1	0	0	0	↓ 下或右
快	1	0	1	1	0	1	1	1	快
	1	1	0	0	0	1	1	0	
	1	1	0	1	0	1	0	1	
↓	1	1	1	0	0	1	0	0	↓
	1	1	1	1	0	0	1	1	

图10-4 以滑动计数器运动为基础的回弹效果运动控制代码

图10-5是一个完整的水平和垂直回弹电路方框图，上下左右的反相形式和可动图形均由图形发生板产生，该图保证固定图形和可动图形相或，形成复合图形视频信号。

回弹控制板（图10-3）对可动图形与回弹体的碰触进行检测，并调节送到标准滑动计数器电路板（图5-15）的水平和垂直代码。球的速度由输入到**回弹控制板**的程序进行控制。

图10-6电路是回弹控制电路的图形发生器。在这一具体情况下，图形就是由白色边框围着的黑色游戏区域。4H×4V小方形在黑色区域内运动，在游戏区域的上下两边及左右两侧产生回弹。这个电路可以在很短的时间用试验电路板装成。如果以图10-6的程序数据作为图10-3回弹控制板的程序输入，球将以极快的速度弹跳。

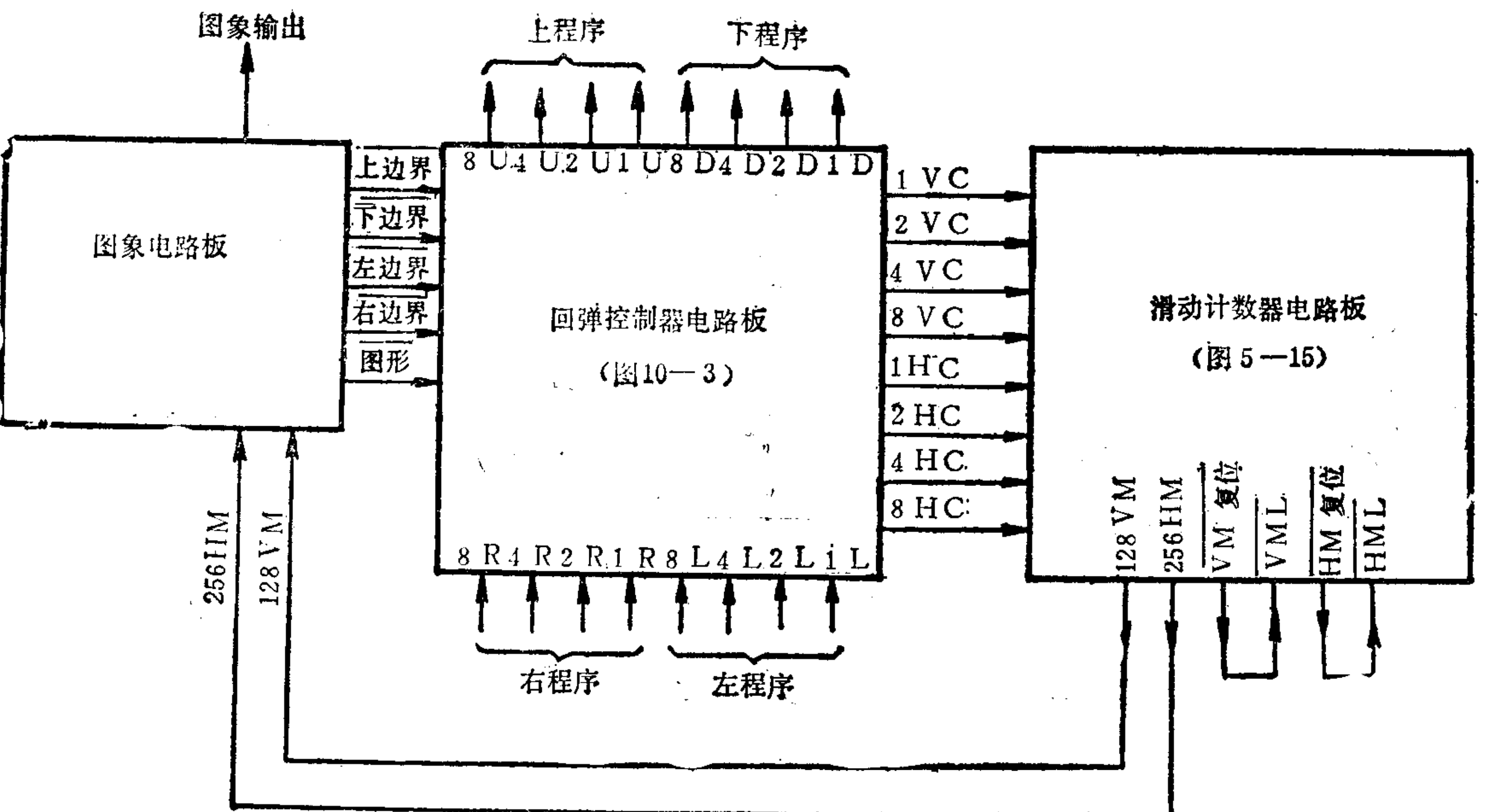
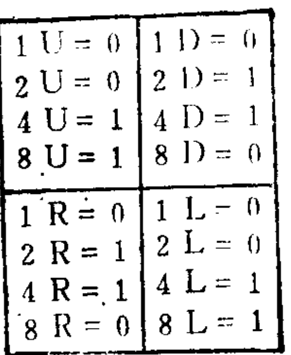


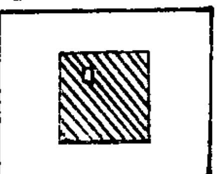
图 10-5　通用回弹电路总接线图



1 U = 0 2 U = 0 4 U = 1 8 U = 1	1 D = 0 2 D = 1 4 D = 1 8 D = 0
1 R = 0 2 R = 1 4 R = 1 8 R = 0	1 L = 0 2 L = 0 4 L = 1 8 L = 1

速编程

IC1,2－7400　四 2－输入或非门
IC3－7402　四 2－输入非门
IC4－7404六反相器
IC5－7486　四异或门



屏幕图象

图10-6　4计数器水平和垂直回弹通用电路

弹子球游戏

弹子球电视游戏主要靠回弹效果。它有多种可能的形式，这里仅就其中一种予以说明。它由控制器、图形发生器和计分器构成。最主要的特点是回弹效果，其次为加权计分。

这种弹子球游戏，在屏幕上显示出来的情景如图10-7（a）所示。主要的游戏区域是屏幕中间的黑色矩形。球则是借助回弹效果居于其中的4H×4V的正方形。它从游戏区域的白边左右回弹，也可从五个固定的障碍物和屏幕下部两个可动球拍之一上下回弹。

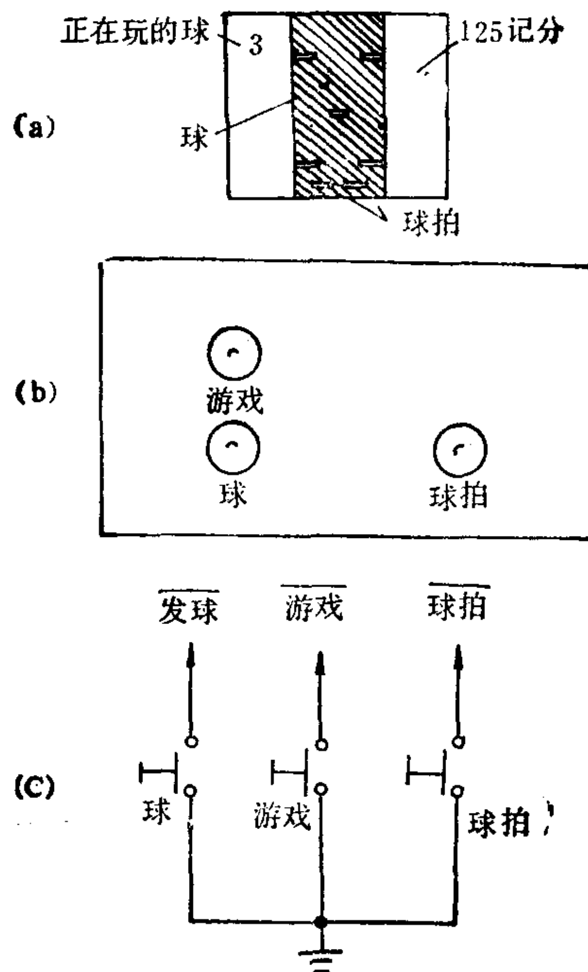


图10-7　弹子球游戏

（a）屏幕上显示的图象　（b）操纵台外形图　（c）操纵台原理图

图10-7（b）是游戏控制台。它由标有**游戏**（PLAY）**球**（BALL）和**球拍**（PADDLE）标志的三个常开按钮开关组成。按下**游戏**按钮时，游戏机开始工作，球位于中央，计分为零。按下球开关，将球发出。按**球拍**开关，两个球拍从游戏区域边上的起始位置移到图10-7（a）所示的中间位置上。

图10-7（c）是这个控制台的接线图

弹子球图形发生器电路板

图10-8（a）是游戏区域的详图。白线TE横贯屏幕上方，是游戏场地的上边界，横贯屏幕下方的BE线为下边界。左边的LE和右边的RE都不是线，而是黑色游戏场地的边。

固定的回弹障碍为A到F，它们以游戏场地的纵轴对称排列。

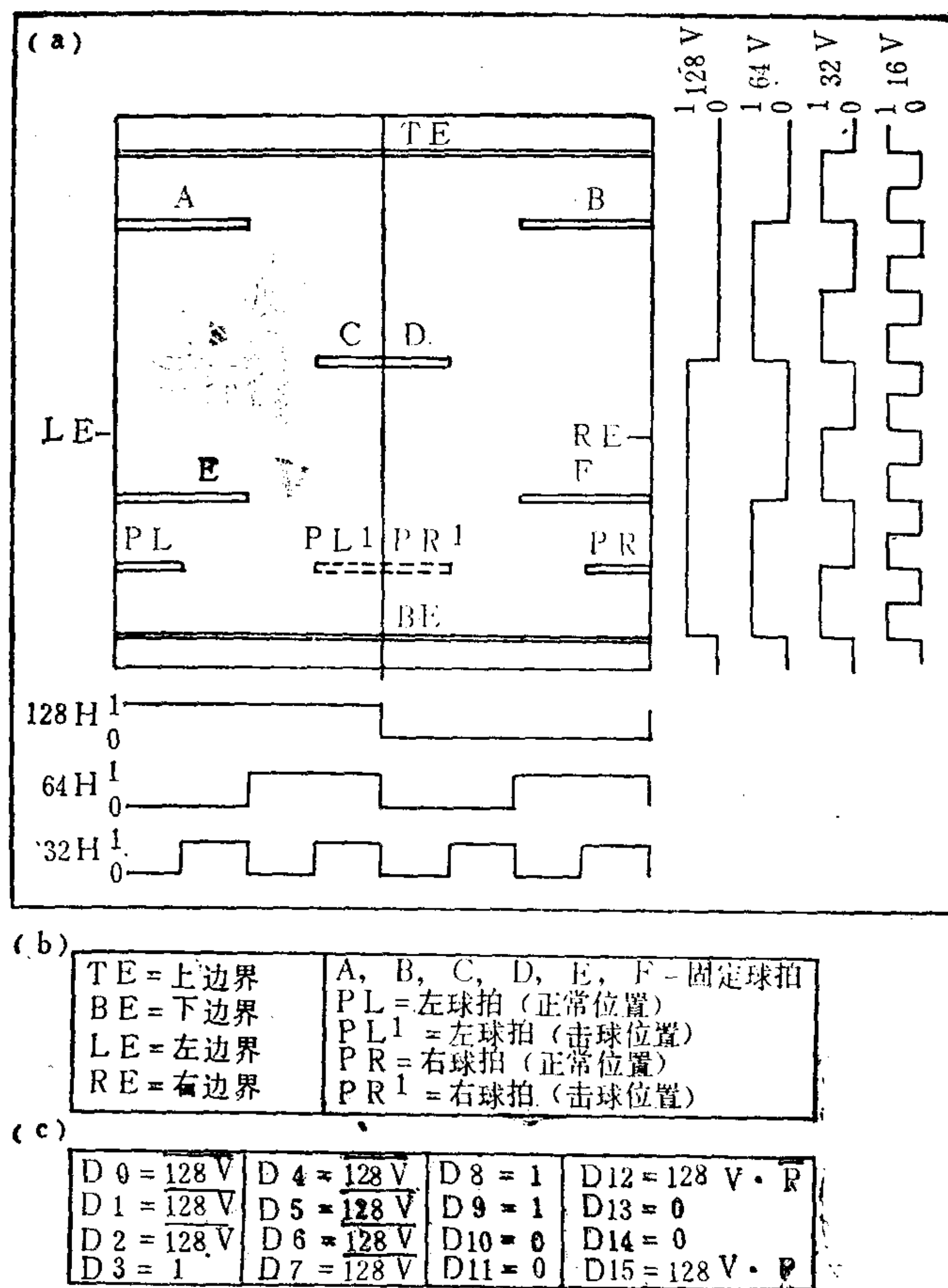
PL和PR是位于初始位置的游戏者左右球拍。带PL'和PR'标志的虚线图形是在控制台上**球拍**开关按下时显示的球拍图形。

这整个图形——四条边，固定的障碍和球拍均由第四章所介绍的8×8扩展折叠点阵发生器产生。在这种情况下，图形自上而下进行扩展，并以纵轴为分界线进行折叠。从图上可以看到，右半侧的图形正是左半侧的镜象。点阵发生器的编程数据仅用于左上象限，图形的其余部分都借助于扩展和折叠形成。

对该图形发生器来说，图10-8（a）的波形和图10-8（c）的矩阵编程数据是极为重要的，但具有特色的是：上边框和下边框、固定障碍和球拍图形以线条出现，而不是通常的矩阵正方块和长方块。关于这一点，还要同图10-9的实际的图形发生器电路联系起来进行分析。

应注意，图10-8（a）的图形及波形只是在16V从1变到0的地方才有白线出现。并不是在每次发生改变时都有显示。

例如，水平**上边界**（TE）线始于16V从1变为0之处，它象所有别的线一样，宽度为4V；因此其位置和垂直方向的大小都由垂直计数参数$\overline{128V}$、$\overline{64V}$、$\overline{32V}$、$\overline{16V}$、$\overline{8V}$和$4\overline{V}$确定。线



TE＝上边界 BE＝下边界 LE＝左边界 RE＝右边界	A，B，C，D，E，F－固定球拍 PL＝左球拍（正常位置） PL^1 ＝左球拍（击球位置） PR＝右球拍（正常位置） PR^1 ＝右球拍（击球位置）

D0 ＝ $\overline{128V}$	D4 ＝ $\overline{128V}$	D8 ＝ 1	D12＝128 V · $\overline{R}$
D1 ＝ $\overline{128V}$	D5 ＝ $\overline{128V}$	D9 ＝ 1	D13＝0
D2 ＝ $\overline{128V}$	D6 ＝ $\overline{128V}$	D10＝0	D14＝0
D3 ＝ 1	D7 ＝ $\overline{128V}$	D11＝0	D15＝128 V · R

图10-8 弹子球游戏区域图形

(a) 基本图形和有关的H和V计数信号波形 (b) 弹子球图形各部分的名称 (c) 游戏区域矩阵发生器D输入编程

TE的水平长度也就是游戏场地的宽度，相当于整个$\overline{128H}$的周期，中心位于屏幕上256H由黑色变为白色之处，要确定这个长度十分简单，只需将256H和128H进行异或运算即可。

水平下边界（BE）线以相同的方式形成。它的垂直位置在

16V由1变到0之处。而在此情况下，高位V计数信号为$\overline{128V}$、$\overline{64V}$和$\overline{32V}$，它位于屏幕的下部，其水平宽度同样由256H和128H的异或运算确定。

当高位垂直计数信号为$\overline{128V}$、$\overline{64V}$和$\overline{32V}$时，固定障碍A出现在16V由1变0的地方。障碍B具有相同的垂直技术条件，但

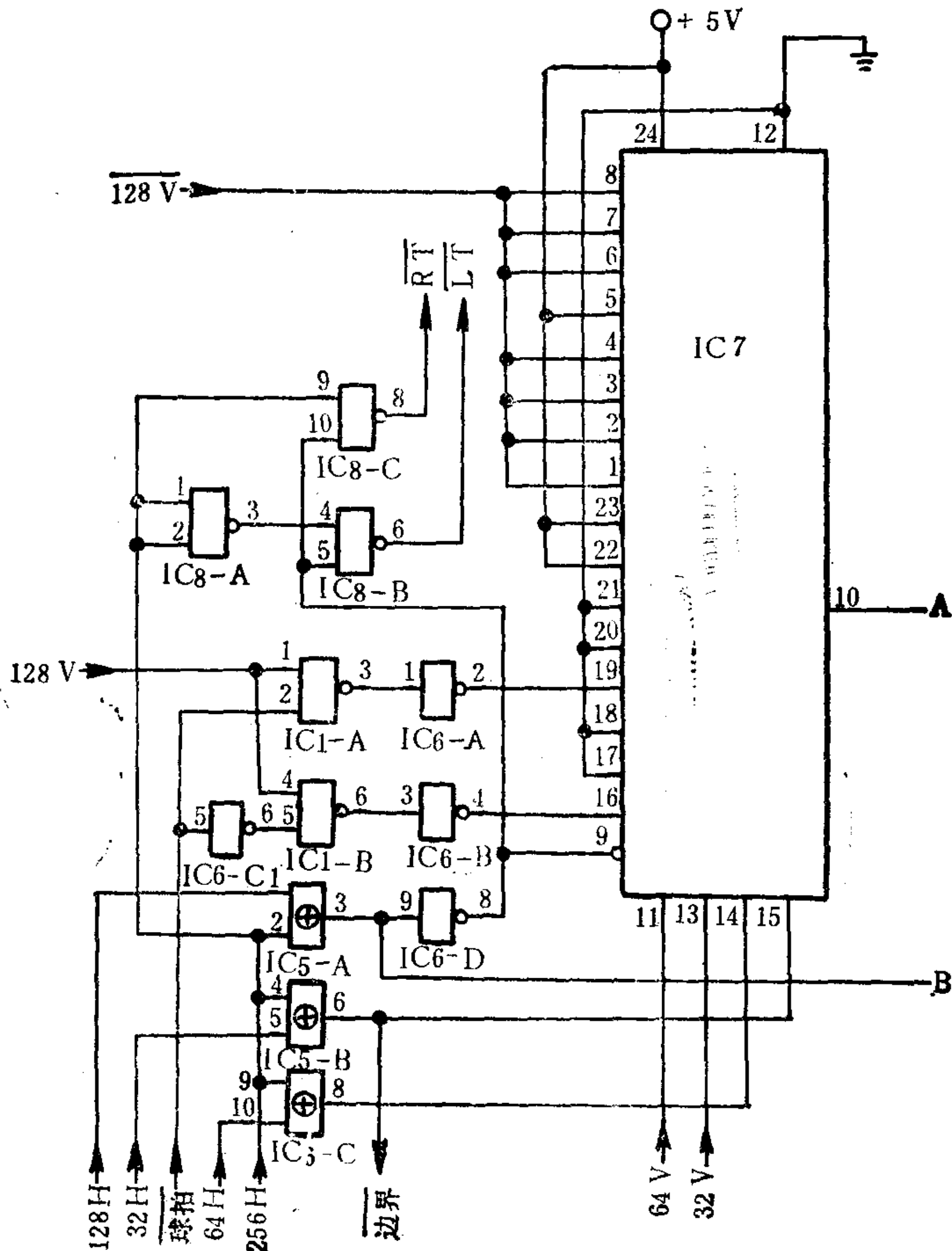
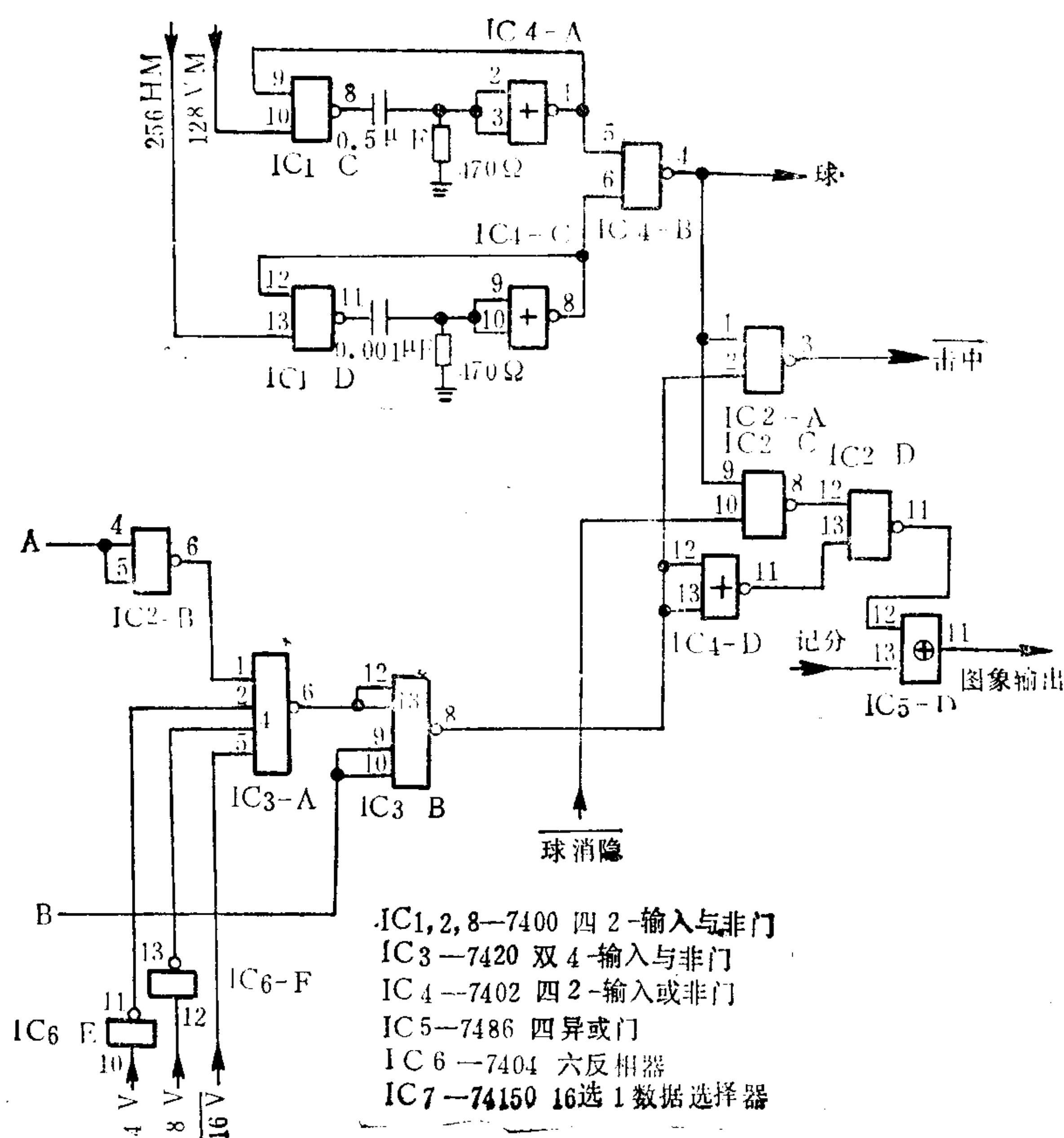


图10-9 弹子球

由于A出现在128V和$\overline{64V}$，而B出现在$\overline{128H}$和64H之处，故两者在水平方向上是相互分开的，其实障碍B只不过是障碍A的镜象而已，TE和BE的右半侧就是它们左半侧的镜象。

对于屏幕上任一条线，都可用上述方法进行分析。这些线都出现在$\overline{16V}$、$8\overline{V}$和4V处（当16V跃迁时4V升高）。并由高位V计数信号128V、64V和32V的不同组合分隔开。

所有这些数据汇集在图10-8（c）的D程序表中。采用 8×8



图形板原理图

扩展折叠形式，这套数据确定了游戏场上所有图形的位置。在图10-9的点阵发生器IC7的输出中，图形在垂直方向上被压缩为4V。

图10-9的16选1数据选择器，采用由图10-8（a）图形和波形中得出的D输入数据。正如数据编程中128V和$\overline{128V}$的出现所表明的那样：图形由128V垂直扩展，当128V低电平时，形成图象的上半部分，高电平时则形成图象的下半部分。在图10-9中，将$\overline{128V}$接到IC7的一些输入端，使这一特点得以实现。

球拍开关未按下时，球拍图形处于起始位置，按下**球拍**开关，它就会移到屏幕中间。D输入数据D12=128V·$\overline{P}$和D15=128V·P表示了这一情况。在图10-9中，它通过IC1-A和IC1-B以及与它们相连的三个倒相器来完成。

球拍开关未按下时，图形板的**球拍**输入为逻辑1，IC1-A导通，128V信号送到数据输入端D12，即IC7的19脚。同时，使IC1-A导通的逻辑电平又通过倒相器IC6-C使IC1-B截止，结果，IC7的16脚（D15输入）出现逻辑0。反之按下**球拍**开关时，$\overline{\textbf{球拍}}$输入为逻辑0，使得19脚为0，而16脚为128V。

所以，**球拍**开关的状态就决定了D12和D15的程序，使球拍图形的水平位置产生变化。

关于IC7的D输入程序就谈到此。现在，我们将32H、64H、32V和64V加以适当组合进行寻址。由于电路正在产生垂直扩展点阵、V计数信号直接通到两个高位地址单元，即IC7的13脚和11脚。而图形在水平计数方向产生折叠，这样，32H和64H地址输入必须在它们到达点阵多路选择器之前，通过一对异或门。128 H处于低电平时，折叠效果使水平寻址以正常的加计数方式进行。但当此输入在跨越游戏场地一半处变为逻辑1时，水平寻址方向反向，形成左半边图形。

产生折叠效果的异或门是IC5-B和IC5-C。此例中的“变速器”即是两者共用的256H联线。

读者对第四章关于扩展和折叠效果进行详细的研究是必要的。如果不懂得其中所涉及的基本原理，尤其是不了解这个具体的电路，那就根本不可能变换成自行设计电视游戏。

弹子球图形在垂直方向上是不间断的，它占据之屏幕的整个高度，但在水平方向上要间断 在此情况下，它是通过另一个工作在256H和128H的异或逻辑电路来隔开的。这些技术条件使游戏场地处于屏幕中间位置，间距为一整个128H周期。

图10-9中开窗口是由异或门IC5-A来实现的。该级输出经IC6-D倒相后，方能输入到IC7的第9脚。

通过所有这些D输入，寻址和开窗口的步骤之后，由IC7的10脚输出的图形信号大致上如图10-8（a）所示那样。暂时撇开倒相（黑白倒置）不说，这个输出给出几组32H×32V的正方形，而不是4V的线条。图形形成的最后步骤便是进行逻辑转换，并将所有图形压缩到4V。

黑白对比度由图10-9的IC2-B确定，而IC3-A的输入则将图形压缩到4V。IC2-B的图形信号与$\overline{16}$V、8V和4V进行与非运算，在16V由1跃迁到0之处，将游戏场内每一部分的高度都压缩为4V。

图形在IC3-B加上白边，以构成基本的弹子球游戏图形。将白色的上下边和固定障碍以及球拍压缩到4V是这个电路的特点，其他内容在第四章已述。

小球图形由IC1-C、IC1-D、IC4-A和IC4-C所组成的脉冲电路产生。IC4-B使其转换为矩形。形成这个可动图形的原始信号，来自产生256HM和128VM信号的滑动计数器板。

IC4-B的球信号除用于构成图形外，还用于控制。例如，IC2-A将球图形与主图形发生器的信号进行与非运算，从而形成击中脉冲，它是当球与游戏场上任一主图形发生碰触时产生的信号。

游戏停止时，球图形将从屏幕上消隐，因此需要一个由与非

门IC2-C组成的球图形消隐电路。未消隐的球图形信号与IC?-D的主游戏图形结合，而这个复合的游戏图形，最后与IC5-D的计分信号组合在一起

IC5-D是另一个异或门，它在主游戏场左右侧的白色区域内，以黑色来显示球的个数和记分。

球控制信号和**记分**(SCO)的来源以及**球消隐**(BBLANK)信号的作用放在后面再叙述。

在结束球图形板的讨论之后，必须指示：$\overline{LT}$和$\overline{RT}$信号分别由IC8-B和IC8-C提供的，这两个信号象征主游戏场的两侧，用来确定球图形的水平回弹方向。

游戏场的左右边由IC5-A和IC6-D一个单元产生，但为了形成回弹，必须将它们分隔开。为此，用256 H使IC8-C导通，用先经IC8-A倒相的256H来使IC8-B导通。当256 H为逻辑0时，形成游戏场的左半部，当256H＝1时，产生右半部。

因此，当256H为逻辑0时，IC8-C截止，IC8-A的倒相作用使256H反相，IC8-B导通。$\overline{LT}$输出以低电平形式选通。当256H为逻辑1时，显示出屏幕的右半部分，IC8-C导通，IC8-B则截止。

这就是弹子球游戏图形发生器的工作原理。

弹子球游戏的记分

弹子球游戏的记分部分由四个7段数字组成。位于屏幕左上角的数字表示五个球当中哪一个正在游戏。整个游戏要打五个球，不用说，这与一般的电动弹子球游戏所用的球的个数是一样的。

其他三个数字位于屏幕右上方，用于记分。这样就能显示出000到999之间的任何一个分数。

记球和记分的数字发生电路是第九章中2人游戏记分系统(双二位显示)的变形。唯一区别是数字分组不同。

图10-10为数字的排列、要求的波形和编程。电路原理见图

10-11（a），由于该电路实际上与图9-7的电路一样，所以不再将其细节画出。

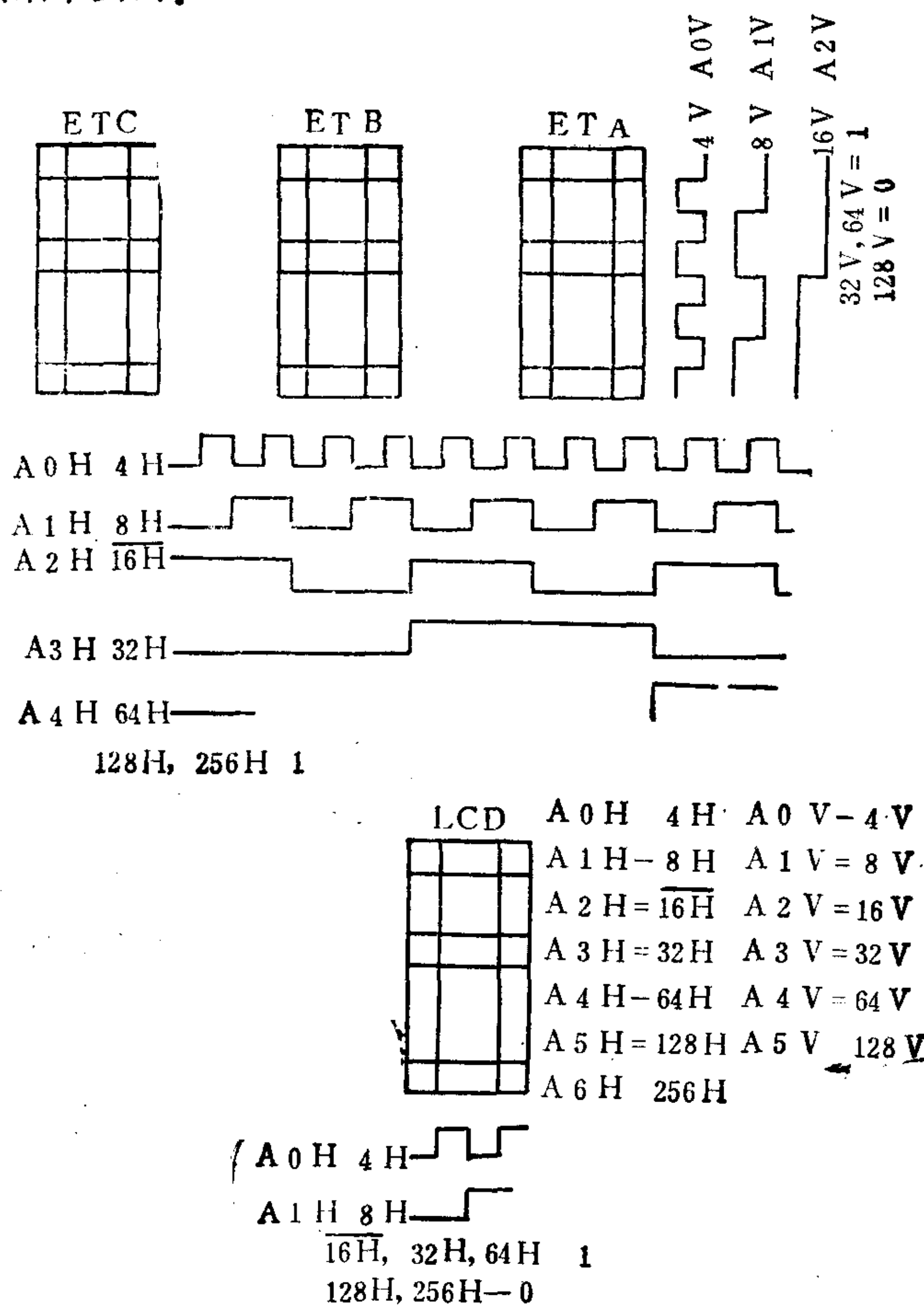
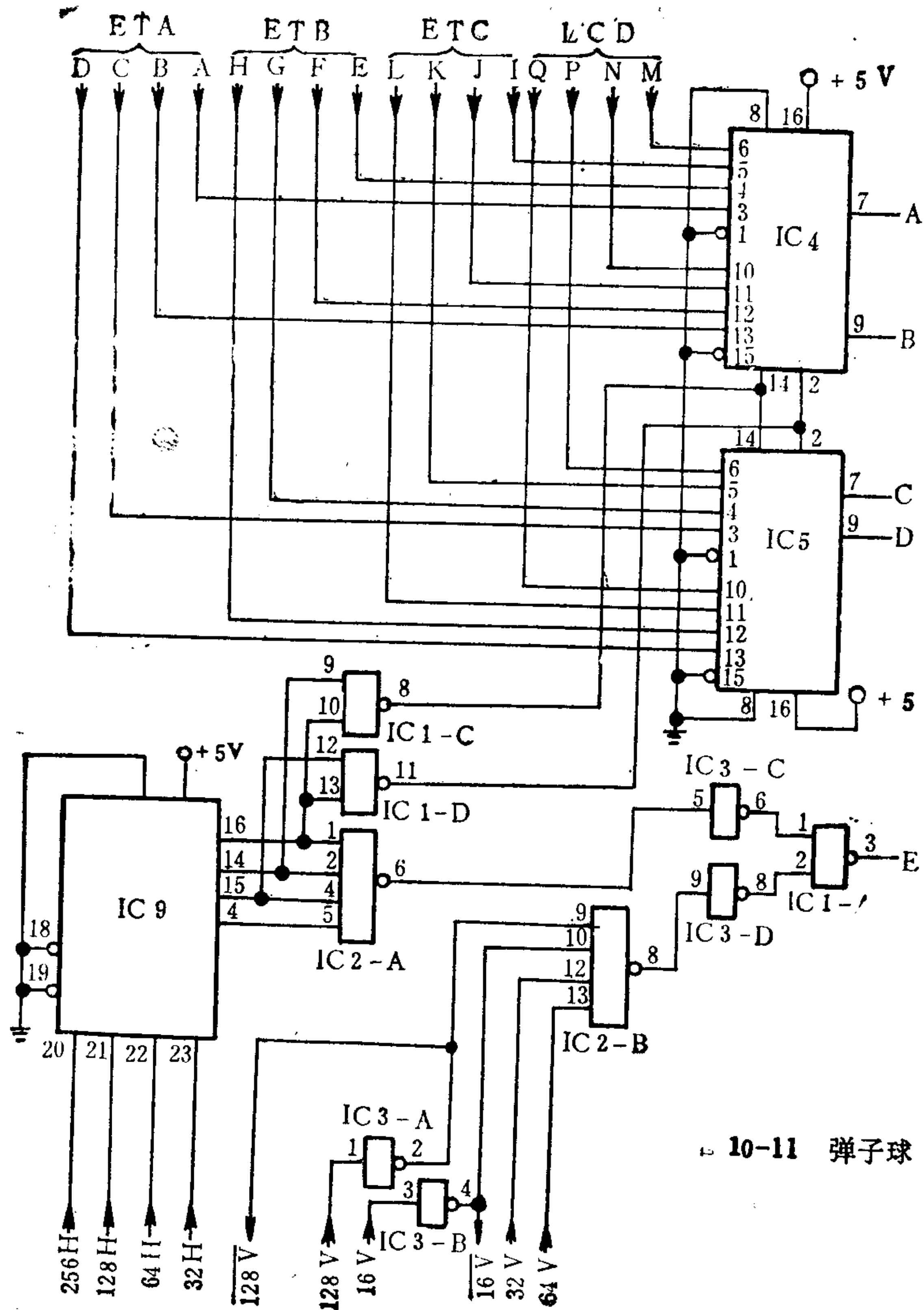


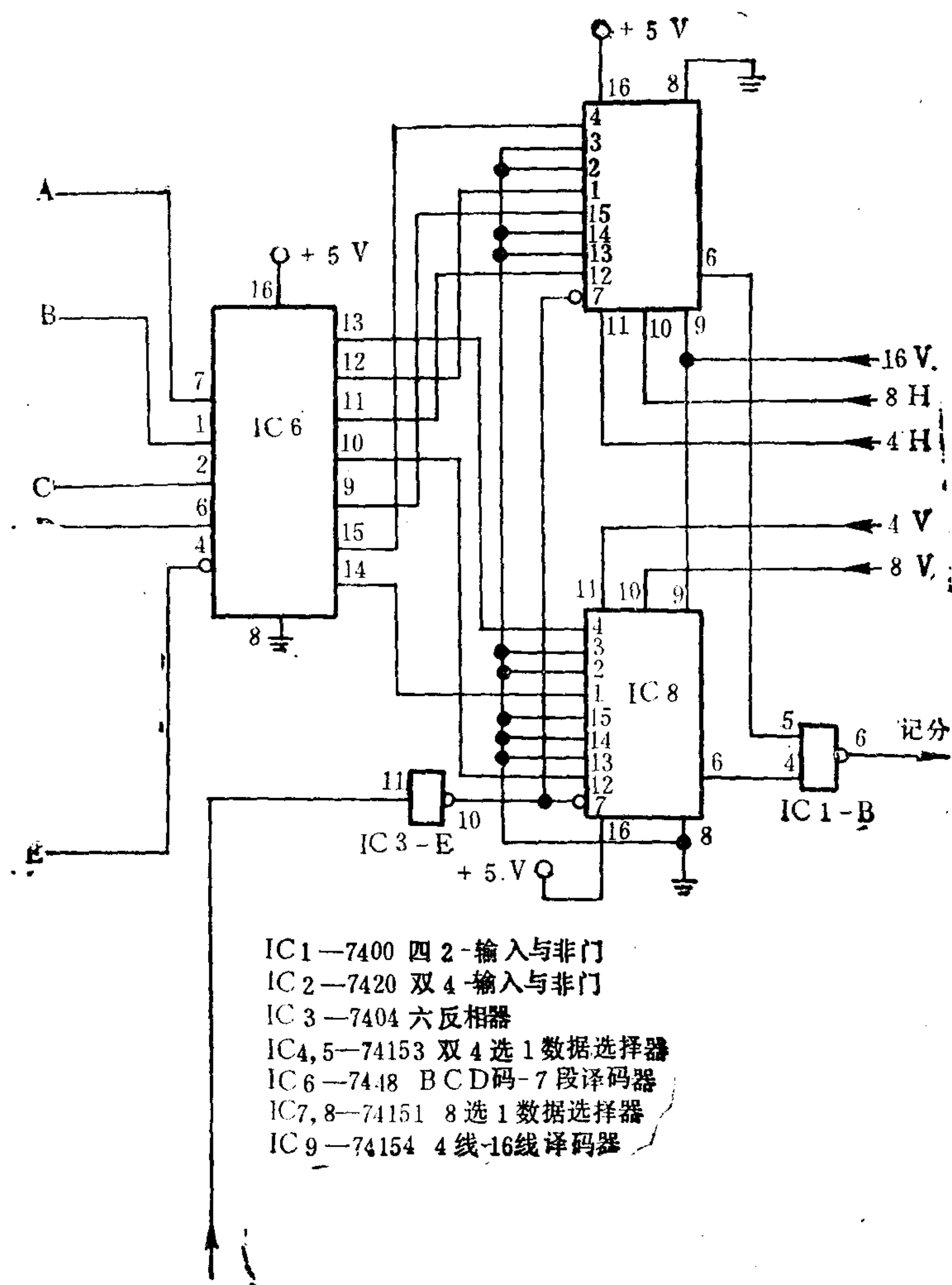
图10-10 正在游戏中的弹子球的图形、波形和编程情况，以及记分数字

图10-11的记分数字电路板，不需多加解释读者就会明白，而记分控制板（图10-12）却要专门讨论一下。



ETA
ETB
ETC
LCD
D C B A H G F E L K J I Q P N M
+5V
IC 4
A
B
IC5
C
D
+5
IC 1-C
IC 1-D
IC 9
IC 2-A
IC 3-C
IC 3-D
E
IC 2-B
IC 3-A
IC 3-B
256H
128H
64H
32H
128 V
128 V
16 V
16 V
32 V
64 V

图 10-11 弹子球



记分电路板原理图

这个记分控制板负责记录所打的球和给出任一时刻的总分。关键的部分是标有**加权记分电路**(WEIGHTED SCORE CIRCUIT)的电路。弹子球游戏机象电动游戏机一样,根据球与

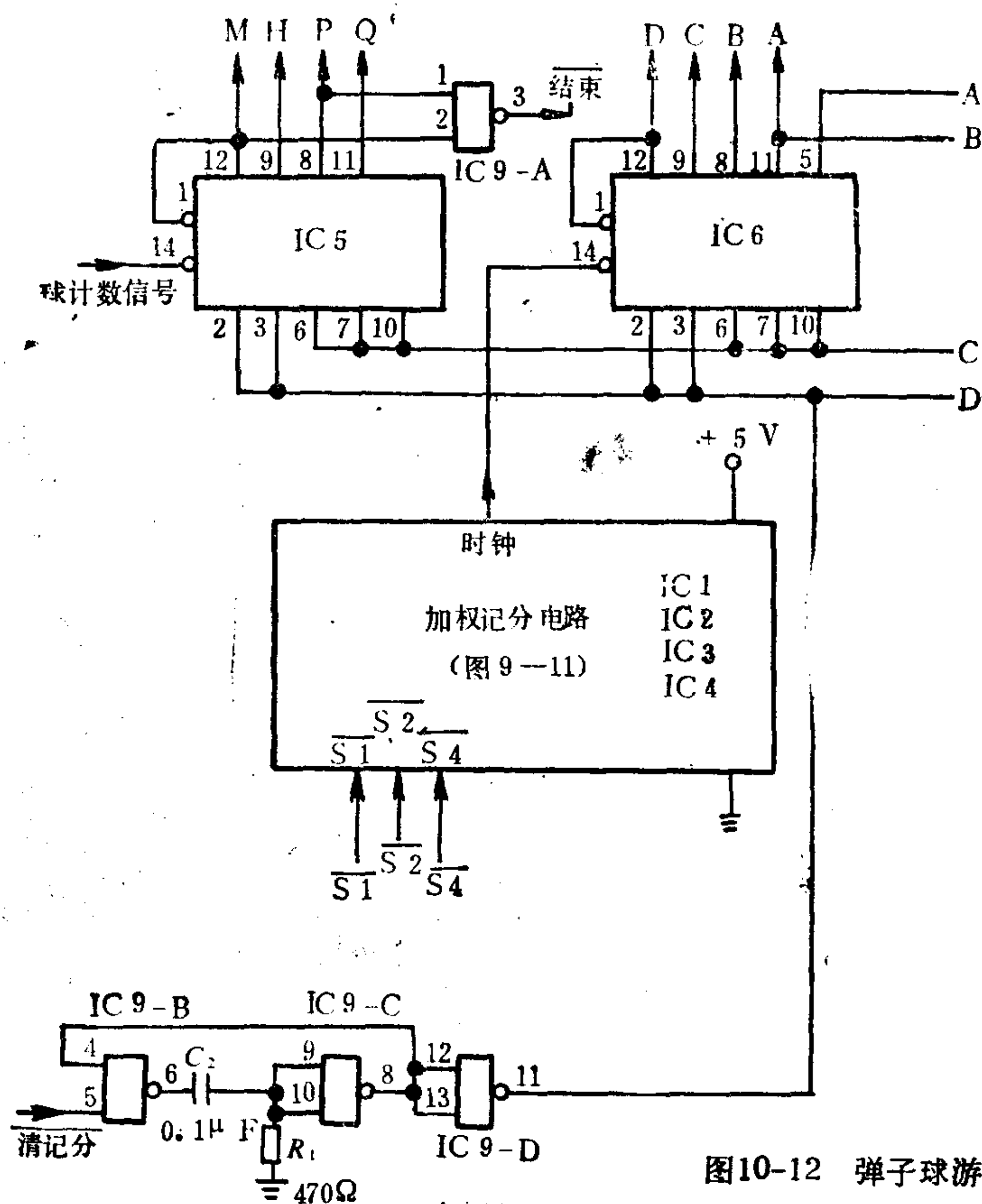
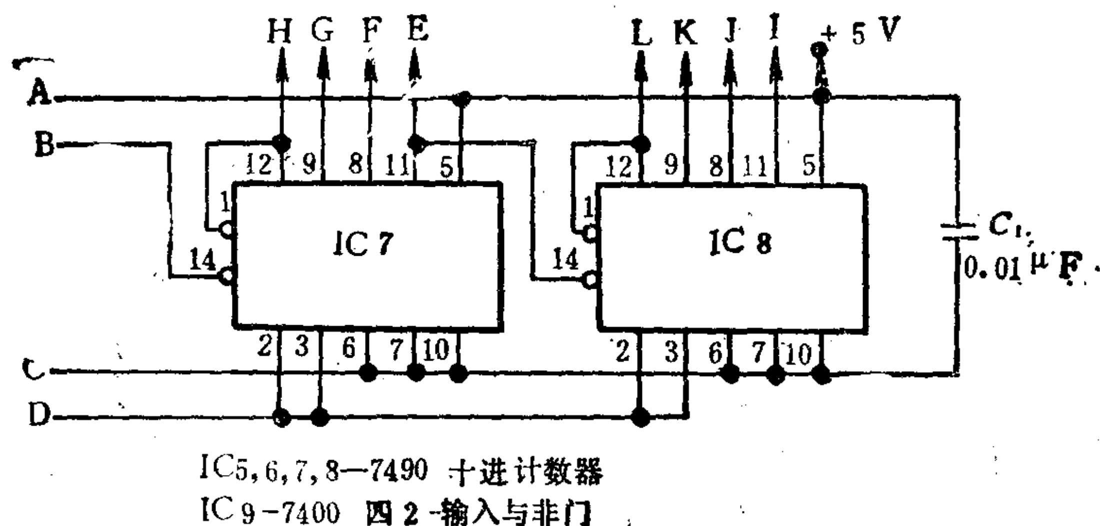


图10-12 弹子球游戏

游戏区域内各种图形发生磁触方式，记下不同分数。

因此每磁触一次，分数可能为1、2或4。加权记分输入的来源，在我们讨论主控制板时，作详细说明。目前来说，我们知道在球发生磁触时，由IC6、IC7和IC8产生的三个数字以1、2或4递增已经足够了。加权记分原理将和图9-11的电路联系起来分析。

图10-12的IC5是球计数器，这个计数器在球计数脉冲控制下进行计数。每次按下球开关，就有球计数脉冲产生。当计数值



计数电路板原理图

号到二进制5时，IC9-A产生逻辑电平0，发出游戏结束的信号（$\overline{END}$输出）。

球的复位和记分器置零，都通过IC9-D给出的脉冲来完成。它是游戏者按下**游戏**开关后产生的。

总而言之，图10-12的计数板用于记录加权记分和球的数目，游戏者按下**游戏**开关，两个计数器清零。游戏过程中，只要球与游戏区域内某个图形发生碰触，记分器就增加1、2或者是4，而球计数器每加1，就新发出一个球。打完第五个球时，球计数器就自动地使游戏停止。

弹子球控制板

图10-14的弹子球控制板主要用来控制球图形的运动并进行记分。球的回弹和记分数字均汇总在图10-13（a）的表中。

该表指出，如果球向下运动与游戏区域的**上边界**发生碰触，垂直运动方向不变。但当球在朝上运动时与**上边界**相碰，其方向与原来相反。对这两种与**上边界**相碰的情况都不记分。

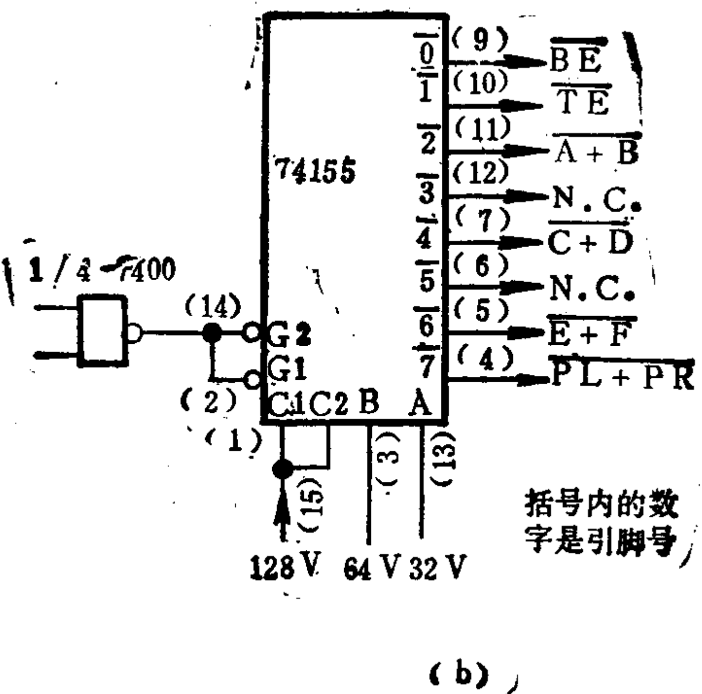
当球与固定障碍A或B（设计为A+B）相碰时，图10-13（a）表中的第二行产生更为有趣的效果。如果当时球是向下运

碰触前的方向	碰 触	碰触后的方向	记分
DN	TE	DN	0
DN	A+B	UP	2
DN	C+D	UP	1
DN	E+F	UP	2
DN	PL+PR	UP	0
DN	PL^1+PR^1	UP	0
DN	BE	DN	0
UP	TE	DN	0
UP	A+B	DN	4
UP	C+D	DN	2
UP	E+F	DN	4
UP	PL+PR	UP	0
UP	PL^1+PR^1	UP	0
UP	BE	UP	0

^{1} 击中 / 碰边

UP—上
DN—下

(a)



(b)

图10-13 弹子球击中检测电路
(a) 功能表 (b) 击中检测电路

动与A或B相碰，那么其方向就会变为向上，并记2分。从下面的真值表可以看出，向上运动的球也可以与上述两个固定障碍相碰，而使其方向变成向下，并记4分。

对图10-13（a）所作的简单分析，可以看出球的运动和得分数。既然如此，那么技术性的问题便是要知道球与哪一个障碍边缘、或球拍碰触。采用图10-13（b）的3-8线译码器，就能相当容易地做到这一点。

在发生碰触时，译码器就导通，但这不是与两侧碰触（游戏区域左侧或右侧的回弹另外讨论）。

译码电路也通过图10-9，用于图形矩阵发生器垂直部分寻址的三个V计数信号进行寻址的。如果当128V、64V和32V均为逻辑0时发生碰触。那么球应该碰到游戏区域的**下边界**（BE）。这是128V、64V和32V均为逻辑0时，唯一能够产生的图形。

与上述情况相同，假如在128V、64V和32V都为逻辑1时发生碰触，此时所产生的图形只能是球拍PL和PR或者是PL'和PR'。在此情况下，碰触的只能是球拍，而不是别的图形。

图10-13译码器的输出表明，产生碰触确切地说是碰到了屏幕上的具体的目标，但是不知球是向上还是向下运动。这个小问题用一对相同的译码器可以解决。其中一个仅当球向上移动时导通，而另一个则是当球向下移动时导通。见图10-14控制板的IC7和IC8。

在观察到碰触和记分译码器怎样工作之前，有必要解释一下，确定球是上移还是下移的信号来源。注意图10-14的VC输出，这些是球滑动计数器电路的垂直速度和方向的代码。

1VC和4VC逻辑电平为1，而2VC逻辑电平为0。根据图7-22的垂直速度控制表，这意味着滑动计数器的垂直部分为0101或1101，这里最高有效位（8V）是唯一允许变化的一位。结果，当8VC＝0时，球大约以每秒0.64帧的速率向下移动，而当8VC＝1时，它则以同样速率向上移动。

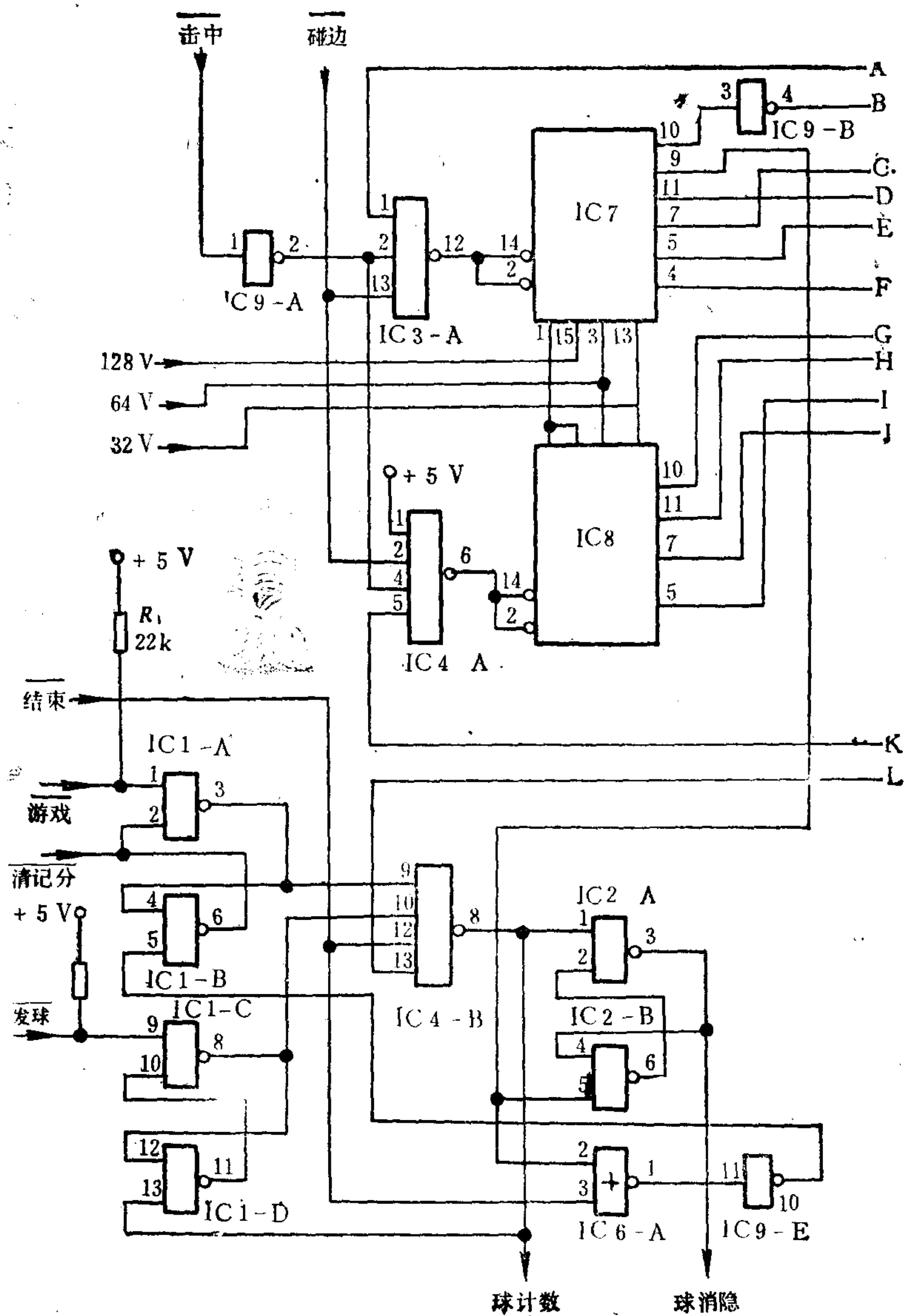
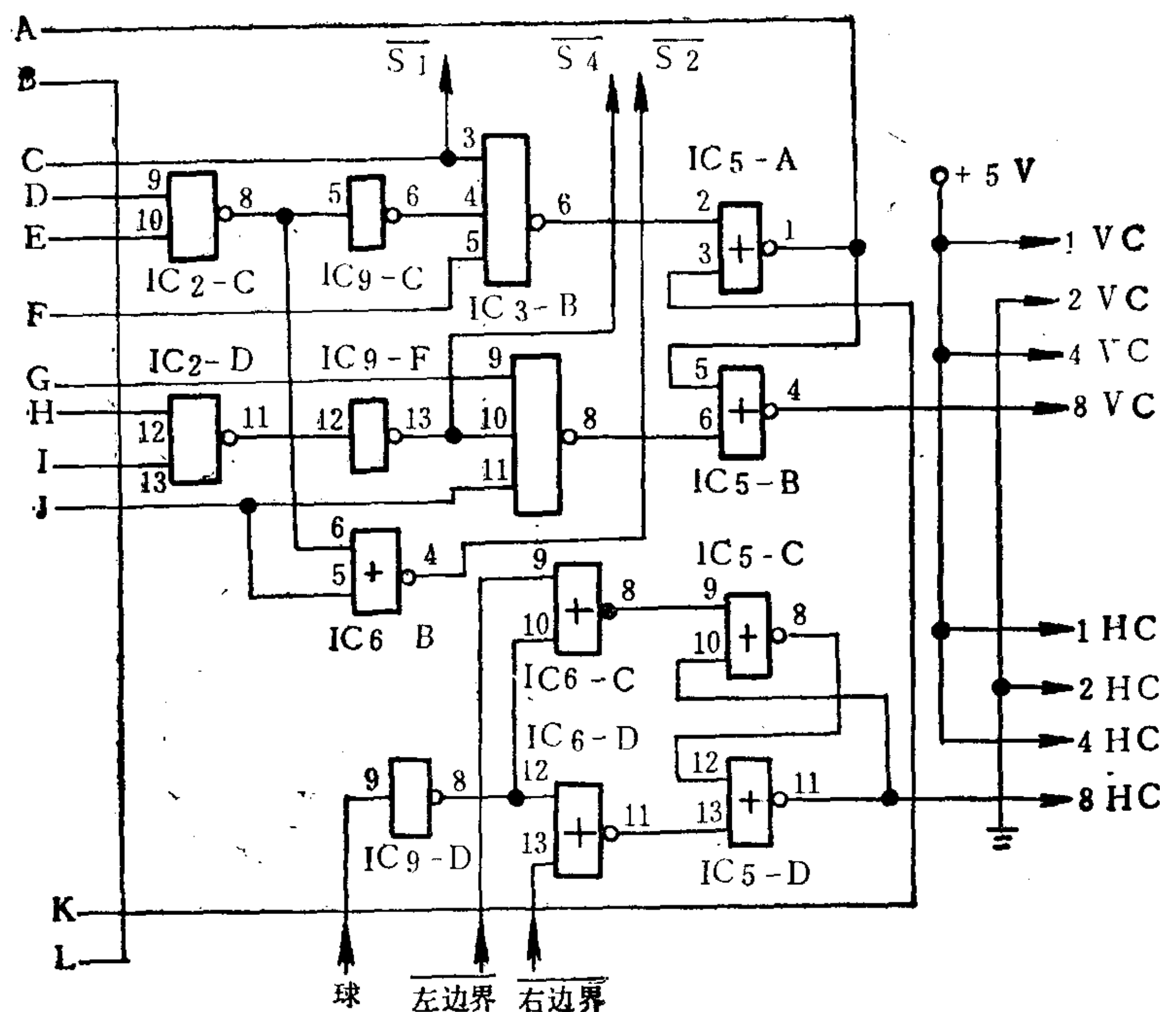

击中
碰边
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
IC 9-A
IC 3-A
IC7
IC 9-B
128 V
64 V
32 V
+5 V
IC8
IC 4 A
+5 V
R_1
22k
结束
IC 1-A
游戏
清记分
+5 V
IC 1-B
发球
IC 1-C
IC 1-D
IC 4-B
IC 2 A
IC 2-B
IC 6-A
IC 9-E
球计数
球消隐

图10-14 弹子球



IC1,2—7400 四 2-输入与非门
IC3—7410 三 3-输入与非门
IC 4—7420 双4-输入与非门
IC5,6—7402 四 2-输入或非门
IC7,8—74155 双 2线-4 线译码器
IC9—7404 六反相器

游戏控制板电路图

垂直控制板的8V输出——确切地说，就是IC5-B的输出——决定球的运动方向，输出为0时，球的运动方向向下，输出为1时，则向上。

现在假定球向上运动，IC5-8输出逻辑电平为1，送到与非门IC4-A第5脚输入端，只有三个条件同时满足：即球向下移动，有碰触脉冲发生，而且所碰触的不是游戏区域两侧之一，这个与非门才会有逻辑1输出。IC8为下移碰触检测器和记分译码器。

另一方面，IC7是球向上运动的检测器和译码器。它只有在球向上运动（IC5-A为逻辑1）并产生碰触，而且碰触的不是游戏区域两侧之一才选通。顺便说一句，IC5-A的输出总是IC5-B输出的补码，因此，实际上，要使IC7和IC8同时选通是不可能的。

下一步是根据碰触检测器，记分译码器（IC7和IC8）的逻辑状态和决定球的垂直运动方向的电路（IC5-B）的状态来分析该系统的作用。

假定当球向上运动碰到障碍A的底部，根据图10-3（a）表中所示，球的运动方向变成向下，并记4分。

当球向下移动时，IC4-A的第5脚输入为逻辑1；而当球碰到障碍A（或别的障碍）时，碰触输入为逻辑0，倒相器IC9-A将信号反相变为正脉冲，因为球未碰到游戏场的一侧，**边界**$\overline{\text{(SIDES)}}$信号为逻辑1，结果，只要**击中**脉冲继续存在，IC4的所有输入均为逻辑1，该与非门使IC8选通。

由图10-8可以看出，只要128V＝0，64V＝1，32V＝0，屏幕上的障碍A就出现。IC8选择输入端的V计数线使得IC8的11脚输出降为逻辑0、供给译码器的低电平信号。它的第5脚输出同时确定下来，于是与非门IC2-D通过IC8第11脚输出的正脉冲。

该脉冲经倒相器IC9-F再次倒相，并与接在加权记分电路上的$\overline{S4}$连通，加记4分。

IC9-F的负脉冲也通过与非门IC3-D，形成IC5-B第6脚

输入端的正脉冲，IC5-B是同时包括IC5-A在内的R-S触发器的一半。IC5-B的正脉冲便使触发器复位，于是两种情况便同时出现：IC5-B的输出变为逻辑0，使球的运动方向改变。而IC5-A的输出则变为逻辑1，使朝下运动检测器IC7选通。

回想一下，当向上运动的球碰到障碍A时，整个活动序列开始。它的最终结果是使记分增加了4分，同时，使球的运动方向向上变为向下。

同样的分析表明，图10-13（a）的表中所规定的改变方向和记分作用，均由译码器和逻辑电路完成。

控制板的全部操作都与VC输出和垂直方向的改变有关，我们还可以看到，球的水平运动方向的改变更为简单。

控制球的水平运动的输出信号是图10-14的1HC到8HC，1HC和4HC处于逻辑1状态，而2HC为逻辑0，唯有8HC与球的水平运动方向有关。

因此，滑动计数器板的水平部分的水平运动代码为0101或1101，它们分别决定了球是往右移动还是往左移动，在这两种情况下，球的水平移动速度都是每秒0.98屏幕。至于球究竟是往右还是往左，就要由IC5-C和IC5-D所组成的R-S触发器的状态来确定。

水平方向控制电路的输入是球信号（球图形）$\overline{LT}$和$\overline{RT}$(代表游戏区域两条边的信号）。

为了了解这个电路是怎样工作的，我们假定球图形是往右边移动。那么，8HC位和IC5-D的输出就是逻辑0，由于这是触发器的一个输出，所以，IC5-C的输出当然就是逻辑1。此时，若球与游戏区域右边发生碰触，就会使IC6-D动作，产生使触发器翻转的正脉冲。结果，使得触发器翻转，球的水平运动方向变为向左。

反过来，当球碰到游戏区域左边时，IC6-C动作，使触发电路的状态改变，球重新回到右边。

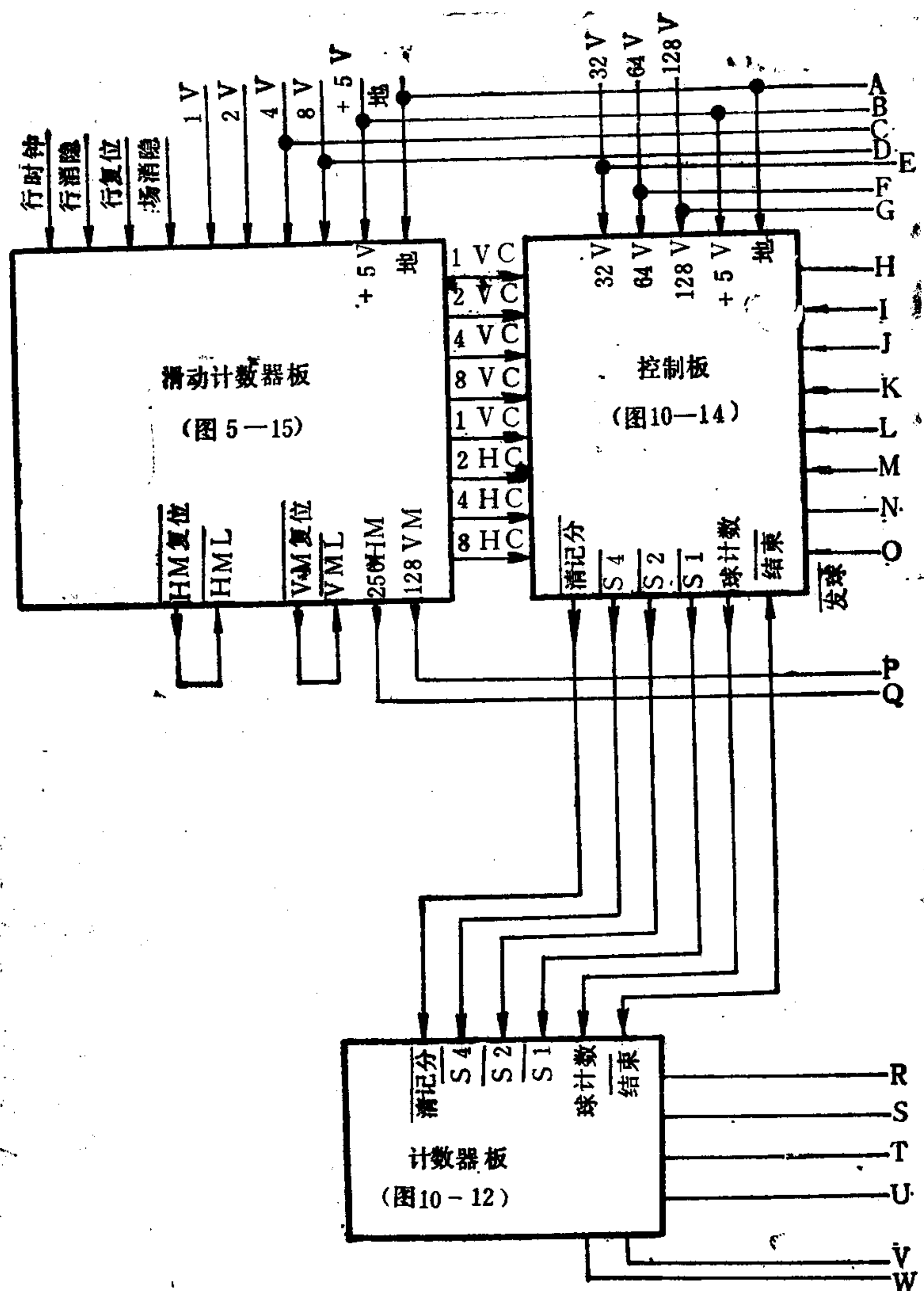
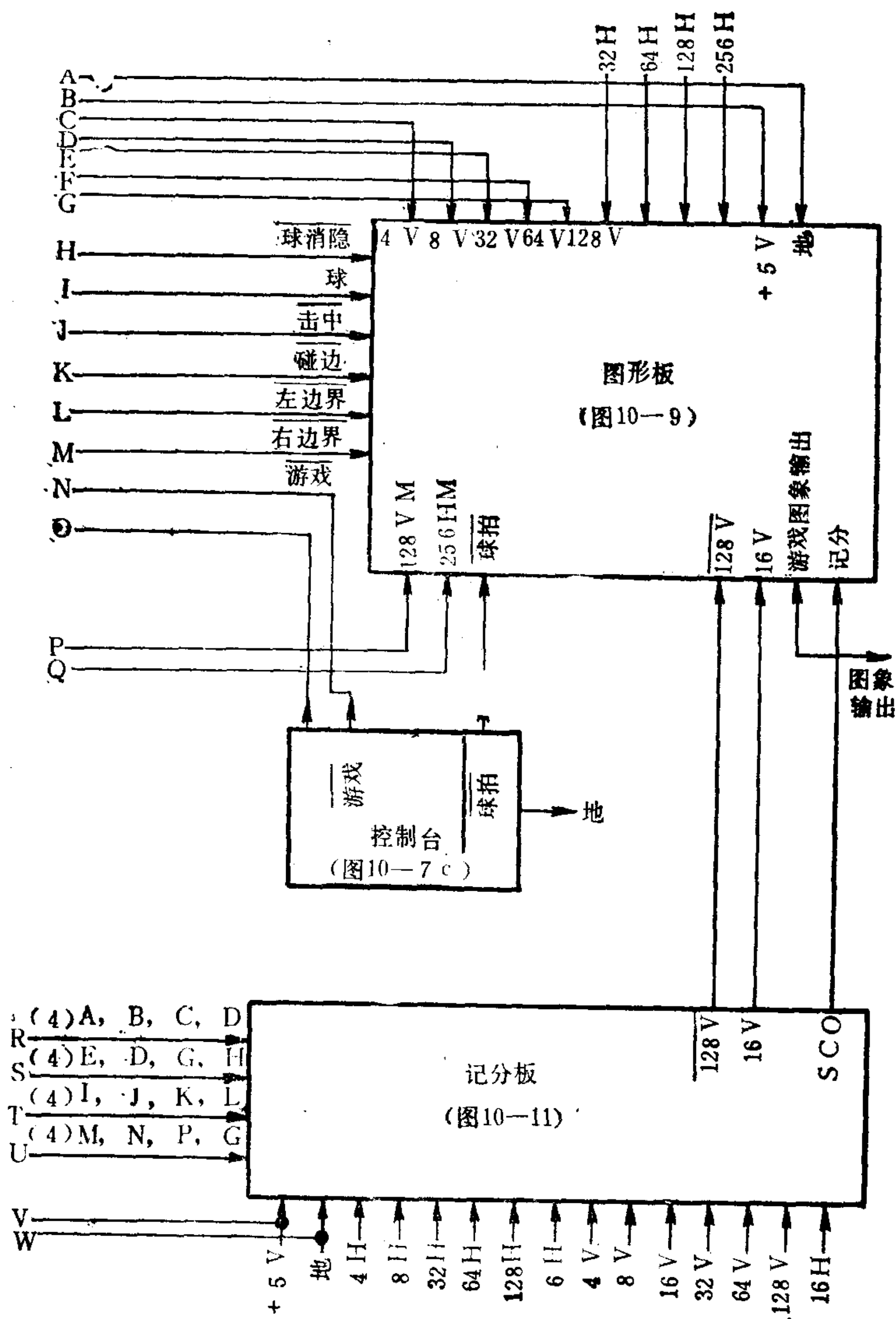

行时钟
行消隐
行复位
场消隐
1 V
2 V
4 V
8 V
+ 5 V
地
32 V
64 V
128 V
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
滑动计数器板
(图 5—15)
1 VC
2 VC
4 VC
8 VC
1 VC
2 HC
4 HC
8 HC
HM复位
HML
VM复位
VML
256HM
128 VM
控制板
(图10—14)
清记分
S 4
S 2
S 1
球计数
结束
发球
计数器板
(图10－12)
R
S
T
U
V
W

图10-15 弹子球



A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
32 H
64 H
128 H
256 H
4 V
8 V
32 V
64 V
128 V
+5 V
地
球消隐
球
击中
碰边
左边界
右边界
游戏
图形板
(图10—9)
128 V M
256 HM
球拍
128 V
16 V
游戏图象输出
记分
图象输出
游戏
球拍
控制台
(图10—7 c)
地
(4)A, B, C, D
(4)E, D, G, H
(4)I, J, K, L
(4)M, N, P, G
R
S
T
U
V
W
记分板
(图10—11)
128 V
16 V
SCO
+5 V
地
4 H
8 H
32 H
64 H
128 H
6 H
4 V
8 V
16 V
32 V
64 V
128 V
16 H

游戏接线方框图

如果觉得球的速度太快，可以根据速度控制表（图7-22）的数据改变垂直及水平运动代码1VC2、VC、4VC、1HC、2HC和4HC。8VC位和8HC位则仍如图10-14所示。

控制电路板还包括一些主要是与游戏的启动和结束有关的辅助逻辑。比如控制台的$\overline{\text{游戏}}$和**发球**（$\overline{\text{BALLP}}$）信号。分别送到R-S触发器IC1-A和IC1-B以及IC1-C和IC1-D。

按下控制台的**游戏**按钮，使去控制电路的$\overline{\text{游戏}}$输入为逻辑0，而IC1-A的输出处于逻辑1，IC1-B的输出则为逻辑0，IC1-B的逻辑0电平经由$\overline{\text{清记分}}$（$\overline{\text{CLS}}$）送出，最后将球计数器和得分计数器清零。重新开始游戏时，游戏者只要按下**游戏**按钮，原来球的计数和记分都被清除。

一旦**游戏**触发器处于这种状态，使它复位的唯一途径是在IC1-B第5脚输入负脉冲。但在这种情况出现之前，两种情况都有可能发生。首先，球计数器根据**结束**（END）输入和或非门IC6-A的第3脚输入上的逻辑0电平显示出数字5，其次，IC7的第9脚输出端的负脉冲信号使球与屏幕的底边BE接触。该脉冲有效地与IC6-A的$\overline{\text{结束}}$脉冲相与，从而产生表示游戏结束的正脉冲，即依序打完了第5个球。

上述游戏结束，脉冲由倒相器IC9-E转换为负脉冲．最后使**游戏**触发器复位，以便按下**游戏**开关开始下一次游戏。

一旦游戏开始，按下**球**开关后，射出一个新球。这使IC1-C和IC1-D组成的R-S触发器工作。于是，IC1-C的第8脚输出为逻辑1，同时，该电平被送到与非门IC4-B的第4脚输入端。

IC4-B可同时输入四个不同的游戏参数。只有使下述参数处于逻辑1：IC1-A的**游戏**输出，IC1-C的**发球**（BCLL-LAUNCH）输出，球计数电路的**结束**信号以及IC7第10脚的TE碰触信号，为逻辑1时，它的输出才为0。这个四端输入与非门的输出通常为逻辑1，只有当上述四个条件同时具备时才降为0。

当IC4-B的输出降为逻辑0时，就会使IC2-A和IC2-B组

成的另一个R-S触发器的状态翻转，它使IC2-A的输出为逻辑1，控制电路板的B消隐使图形从屏幕上消隐。

还需注意的是，4输入与非门和IC4-B的逻辑0电平都产生B计数脉冲，并使IC1-C和IC1-D所组成的发球触发器复位。

所有这些意味着什么呢？它意味着一个新射出的球向下运动，并越过TE线之后，才会在屏幕上显示出来。在IC7检测出它越过IE之前，球图形消隐触发器的状态不变。

使球图形显示出来的信号还作为B计数脉冲使球数增加，并将球数显示在屏幕上。同时B计数脉冲使发球触发器（IC1-D的13脚）复位，准备好射下一个球。

球向下运动并与BE（游戏区域底边）相碰，才使消隐触发器复位，这一情况由IC7第9脚检出，它还在打完第5个球时，使整个游戏机复位。

弹子球游戏方框图

图10-15是弹子球游戏机最后接线图。读者可以发现，这个游戏机要用五块电路板和一个专用控制台。当然，你应该早已备有实验用的滑动计数器。

滑动计数器和控制台，使用一个+5V电源，而其余的电路板则应该用另外一个电源，以免电源过载造成损失。

第十一章　复杂图形的活动与旋转

图形的活动与旋转是电视游戏系统中的特技，虽然不是非常关键，但却能大大激发游戏者的兴趣，使人如亲临其境。

本章给出的电路实际上可以应用到任何具体的游戏装置。大多数读者都知道，第四章的复杂图形，将为屏幕上显示更吸引人的生动图象提供可能。现在我们为了扩大图形运动范围，增加活动和旋转。

图形旋转是一种特殊的运动，它要求图形在屏幕上绕着一条与屏幕平面垂直的假想轴旋转，时进时出。两辆坦克绕屏幕相互追逐的战斗游戏是一种常见的旋转图形，通常坦克图形只能向前运动，游戏者可以使图形旋转，使它在任何方向运动。

图形旋转实际上是图形活动的一种形式，但是正如本章后面要叙述的，它需要对系统进行周密的考虑和安排，要有高级的设计技术。

读者如果没有弄懂复杂图形如何由点阵格式组成，那是难以掌握图形的活动和旋转的。你们如果没有做好设计活动图形的准备，可将本书第四章的基本原理好好复习一遍。

图形的活动

图形活动（旋转也一样）的基本想法是让一连串的画面在屏幕上出现，使观众产生运动的幻觉。一个系统由四个不同的复杂图形组成，每一个都在某些方面与另一个不相同。它们以相当快的速度在屏幕上掠过，使观察者获得图形运动和活动的印象。

这个想法与电影里的活动图象产生完全相同。但是，在电视游戏中，由于要考虑成本和电路的复杂性，图形活动范围和复杂程度必然受到限制。

下面是产生简单活动图形序列的基本程序。例子比较简单，但是这个基本系统可以无限地扩展，只要有时间、金钱和耐心就行了。

产生活动图形序列所需要的主要集成器件之一是双2-4线译码器，74155。它在前面的游戏系统中已经叙述，我们没有必要详尽地了解它的工作方式。

图11-1所示是74155 2-4线译码器，首先是它的功能方框图11-1（a）；然后是引脚图11-1（b）；最后是真值表图11-1（c）。

从图11-1（a）可以看出，译码器分成两部分。正如真值表中所说明的，任何一种逻辑电平在C输入端出现，都会传送到每一部分的四个输出端之一，它由A和B选择输入端的状态决定。

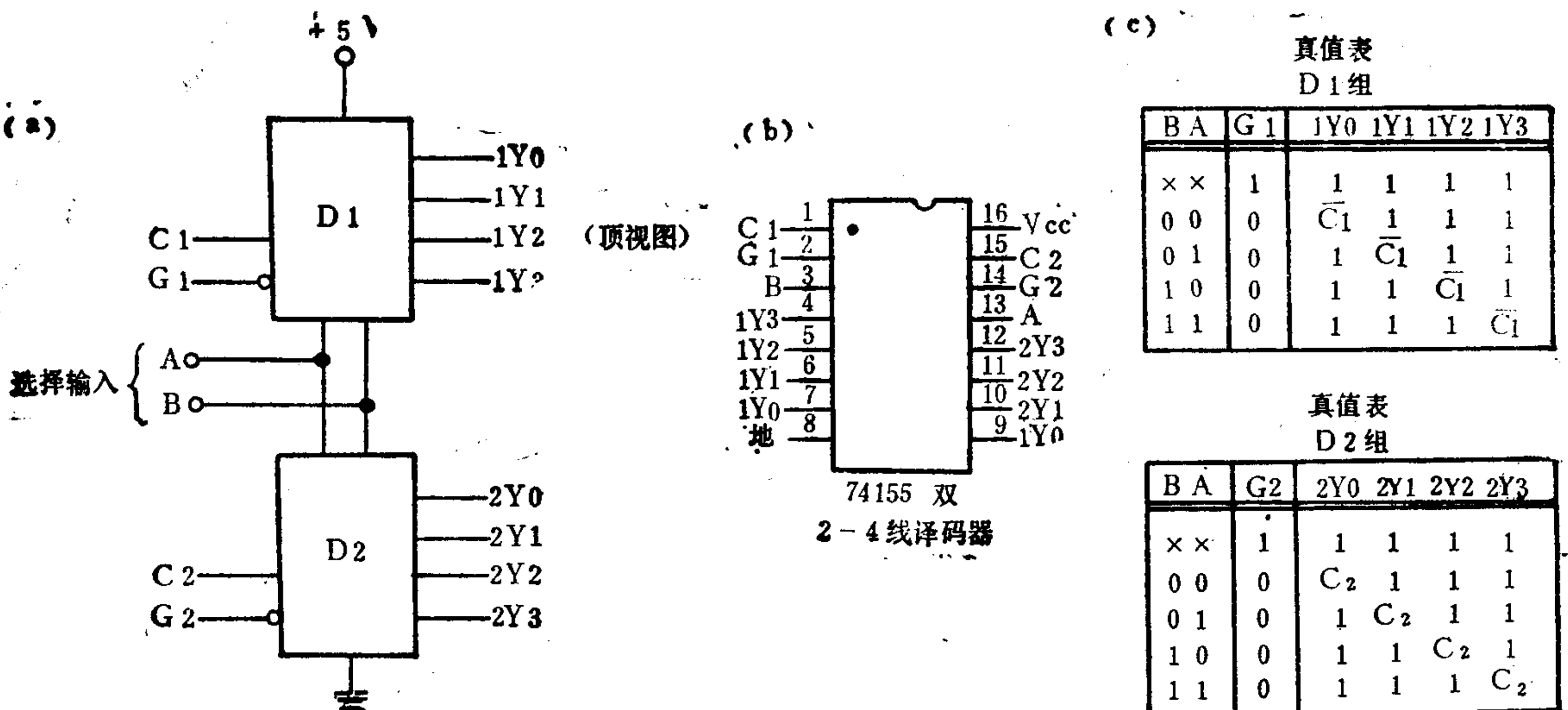
例如，假设A＝0，B＝1，在这种状态下选择两部分的Y2输出，把C1的反相信号送到1Y2，不反相的信号送到2Y2。给定的C输入只能在相应的一个Y输出端出现。

将任一个G输入置于逻辑1，使这个器件有效地关闭，该部分所有的Y输出保持1状态，和C输入端的状态无关。

以下一节我们可以清楚地了解，译码器在变换点阵产生电路中的数据起非常重要的作用，这个电路在第四章已经介绍。

图11-2是一组简单的四帧活动图形序列。它显示一个人从屏幕走出来或走进去。第一帧是他站在“地”上，双臂垂直在身体两侧；第二帧是用左脚起步，甩开右手，左手向上弯曲；第三帧又回到原来的姿势；第四帧抬起右脚，又迈开一步。这四帧有顺序的图形画面，以大约2Hz的频率在荧光屏上出现，即可显示出人走路的形象。

这些图形中任一帧都可以从图4-17所示的8×8扩展点阵发生



真值表

D1组

B A	G1	1Y0	1Y1	1Y2	1Y3
× ×	1	1	1	1	1
0 0	0	$\overline{C_1}$	1	1	1
0 1	0	1	$\overline{C_1}$	1	1
1 0	0	1	1	$\overline{C_1}$	1
1 1	0	1	1	1	$\overline{C_1}$

真值表

D2组

B A	G2	2Y0	2Y1	2Y2	2Y3
× ×	1	1	1	1	1
0 0	0	C_2	1	1	1
0 1	0	1	C_2	1	1
1 0	0	1	1	C_2	1
1 1	0	1	1	1	C_2

图11—1　74155双2—4线译码器　(a) 逻辑图 (b) 引脚图　(c) 真值表

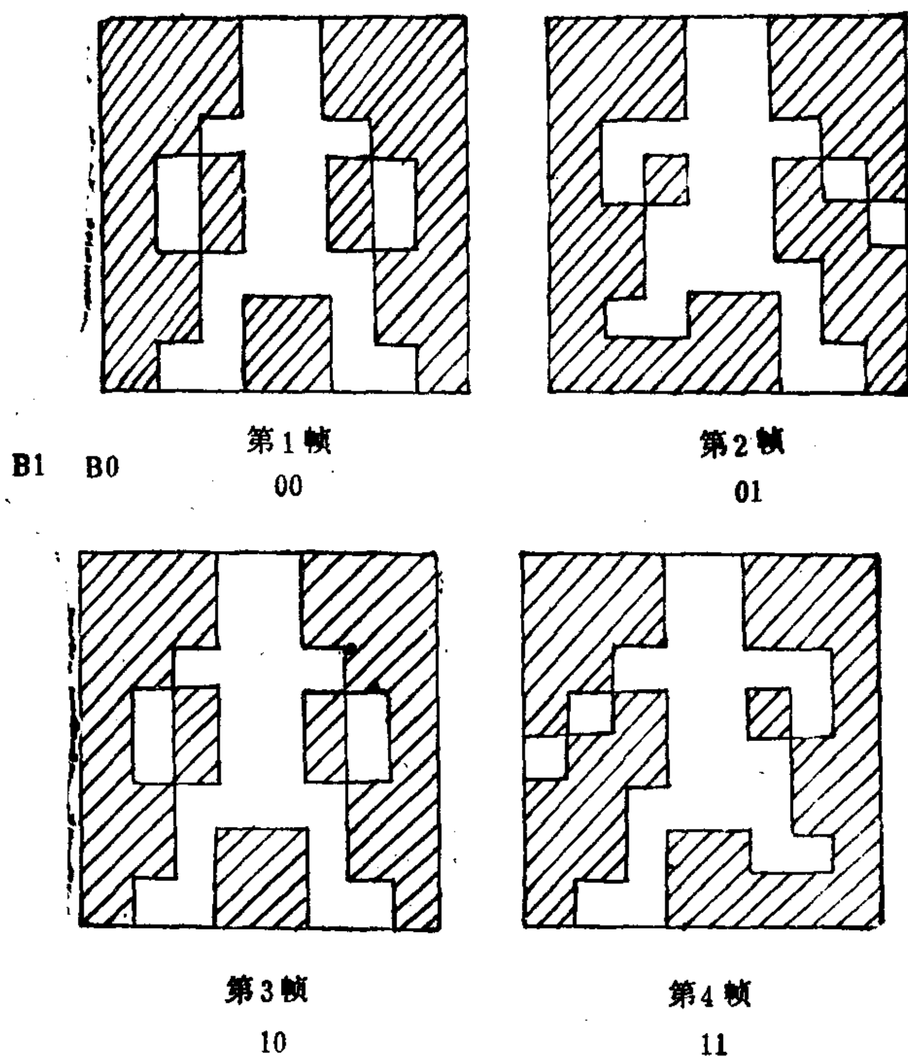


图11—2 简单的4帧活动序列画面

电路产生,不需要独立的四个点阵发生电路。这就是奥妙所在。

读者凭直觉可以看出，第一和第三帧画面各个方面都相同，它们完全可以用同一个点阵发生器编程来获得。第二帧与第一、第三帧不同，但与第四帧类似。实际上二、四两帧是相互对称的镜象图象，其对称轴垂直地穿过点阵中间，镜象效应的含义是第四帧图形可由产生第二帧图形的同一个点阵发生器产生，但二者的水平计数方向相反。

二、四帧图形的不同，还可以用第四章已叙述的点阵折叠电路来说明。在那种情况下，对称图形的大小可以增加一倍，它是通过在运行过程中，将点阵寻址方向半途进行改变来实现的。而

现在这种情况下，水平计数信号的计数方向通过整个第四帧图形之后改变的。

图11-2中的四帧图形，可以分成两种基本画面——第一帧和第二帧。产生第一帧图形时，送到点阵发生器的数据编程保持一种特殊的形式；然后改变数据，产生第二帧画面；这时回到第一组数据编程，产生第三帧；最后，数据编程变为产生第二帧图形的情况，改变水平计数方向后，立刻呈现第四帧画面。

产生活动图象的第一步是设计画面，应尽量简单，画面彼此相似。第二步对画面进行分析，要利用它们的相似之处，尽量减少编程数目。

图11-2中的四帧画面要按次序调动，调用过程中要有两条地址线。它们的地址为B1和B0，决定四帧图形中哪一帧在屏幕上显示。例如，当B1＝0，B0＝0时，屏幕上显示第一帧；B1＝0，B0＝1时，显示第二帧；按时序以此类推。假如这种二位计数顺序由一个二进制电路产生，那么这个动画序列可自动进行，形成所希望的活动图形。

图11-3（a）的真值表给出了第一、第二帧 8×8扩展点阵发生器电路所需的数据输入。确定数据的程序和以前已叙述过的图4-18基本的8×8扩展点阵所使用的方法相同。这里的"X"表示用于产生图形的第3最低V计数位。在我们能够确定图形的大小以后，就可以给出具体的V计数信号了。

图11-3（a）中"0"表示的矩阵单元，在两半图形中均呈黑色。"1"则表示矩阵单元是白色。而"X"应该是矩阵单元在图的上部为黑，在下部为白，相互对应。最后 $\overline{X}$ 却与前面X相反，它在上半部为白，下半部为黑。除此之外，没有别的可能性了。

编排好了各帧画面的序列，就应找出它们之间相同的地方，以减少不同画面的数目。下一步就是产生如图11-3（a）所示的图形数据序列。如果第一帧的D输入加到扩展点阵电路，那么屏

(a)

D输入	第1帧	第2帧
0	0	0
1	×	0
2	0	×
3	1	1
4	1	1
5	0	0
6	×	0
7	0	×
8	0	0
9	0	0
10	×	×
11	1	1
12	1	1
13	×	×
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	1
18	1	1
19	$\bar{\times}$	$\bar{\times}$
20	$\bar{\times}$	$\bar{\times}$
21	1	1
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	1	$\bar{\times}$
26	×	0
27	×	$\bar{\times}$
28	$\bar{\times}$	$\bar{\times}$
29	×	×
30	1	1
31	0	0

(b)

$D_0 = D_5 = D_8 = D_9 = D_{14} = D_{15} = D_{16} = D_{22} = D_{23} = D_{24} = D_{31} = 0$

$D_1 = D_6 = D_{26}$

$D_2 = D_7$

$D_3 = D_4 = D_{11} = D_{12} = D_{18} = D_{21} = D_{30} = 1$

$D_{10} = D_{13} = D_{29}$

D_{17}

$D_{19} = D_{20} = D_{27} = D_{28}$

D_{25}

(c)

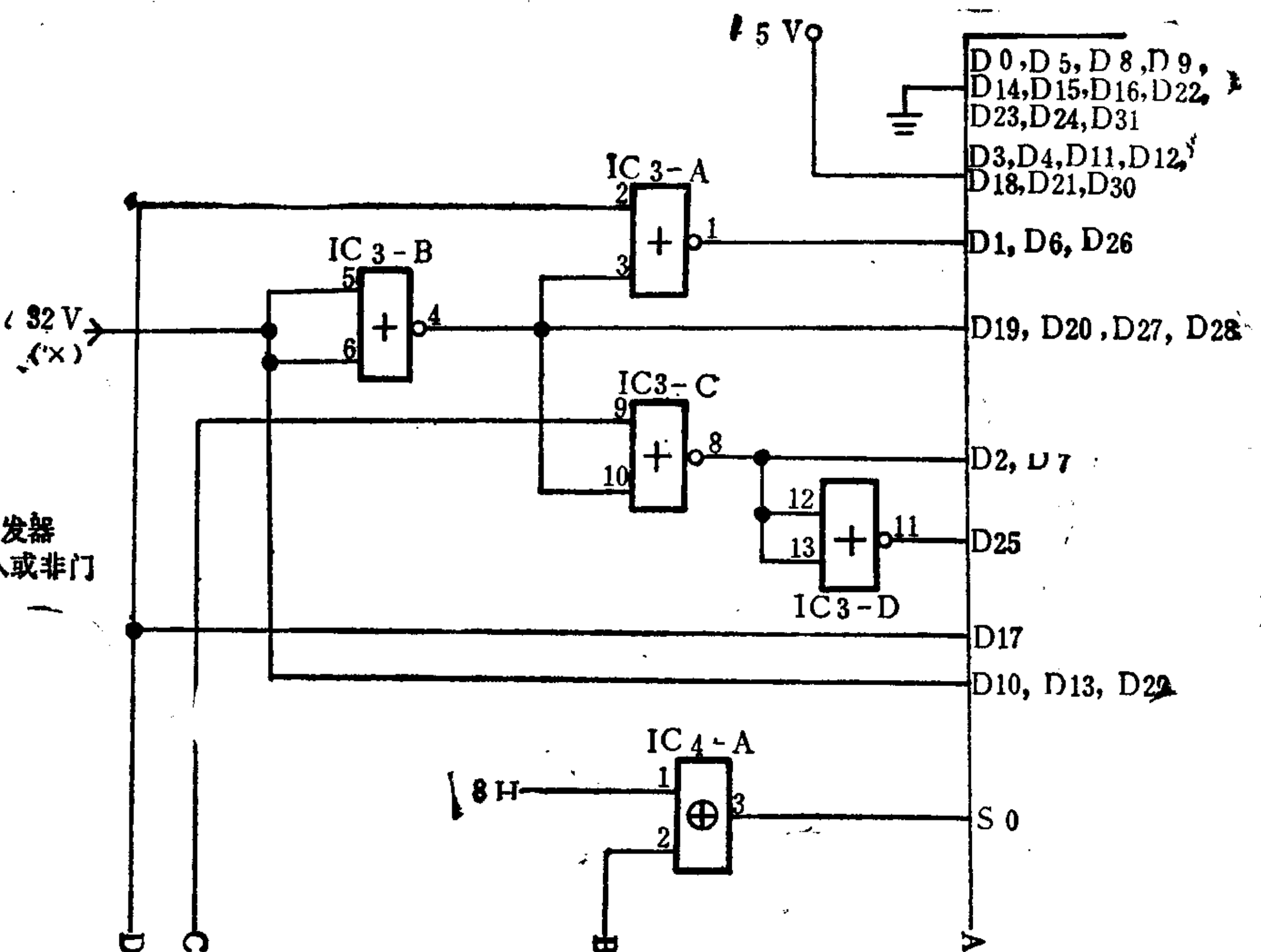
	B0	D0	D1	D2	D3	D10	D17	D19	D25
第1帧	0	0	×	0	1	×	0	$\bar{\times}$	1
第2帧	1	0	0	×	1	×	1	$\bar{\times}$	$\bar{\times}$

图11-3　图11-2 4帧活动图形真值表分析

(a) 第1，2帧D输入编程　(b) 两帧具有相同编程的数据输入的等式　(c) 矩阵D输入编程的简化真值表

幕就显示第一帧图象；当第二帧所确定的数据加到点阵发生器时，屏幕上就出现图11-2中的第二帧图象。

读者应该知道，透彻地理解第四章的复杂图形电路，对于学习电视游戏图象的活动是非常重要的。如果对这一部分还不懂或



IC1—555 定时器
IC2—7476 双 J-K触发器
IC3—7402 双 2-输入或非门
IC4—7486异或门

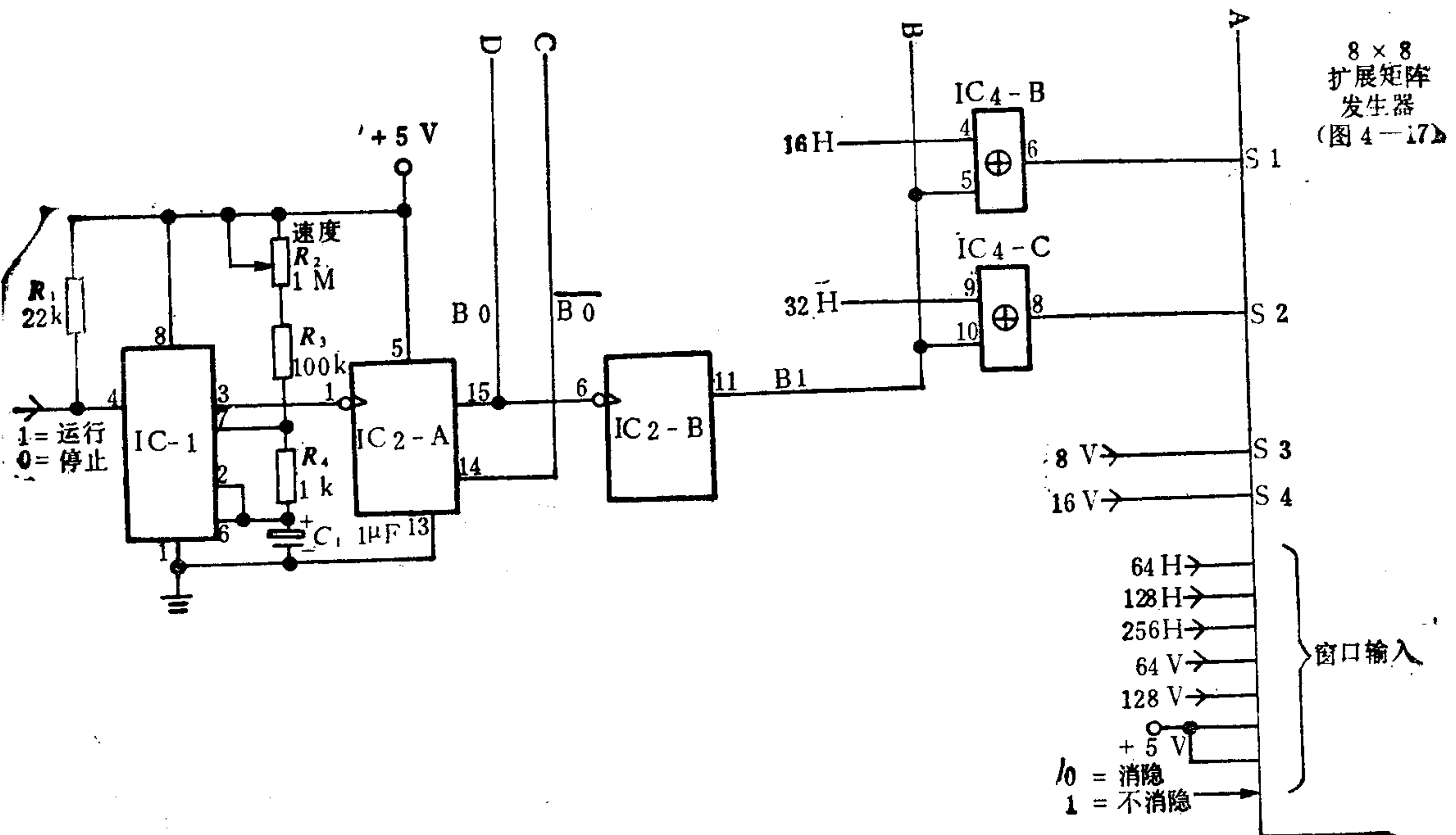


图11—4 产生图11—24帧活动画面的电路图

忘记了，应赶快再复习一遍，迅速赶上来。

分析图11-3（a）的真值表就可以看出第一帧和第二帧的一些数据输入是相同的。图11-3（b）将这些相同的数据进行了分类，有11种情况是1、2帧输入均为0；有7种情况1、2帧输入均为1；只有D17和D25输入独特，分别为01和1$\overline{X}$。32个输入中有两对是这个电视游戏活动图象所需要的，它一共有8种不同的0、1、X、$\overline{X}$的组合。这是设计电视游戏活动图象成功的关键。

图11-3（c）总结出8种不同的组合。为了简单起见，这8个序列按图11-3（b）各等式中第一项标出。读者应记住，图11-3（c）中的D1的编程也用于D6和D26，如图11-3b所确定的那样。

下一步我们要找出一些可以改变8×8扩展点阵电路数据输入的逻辑电路，以便由控制位B0的状态来区别第一帧和第二帧。例如当B0＝0时，D2端应置逻辑0；但B0变为逻辑1时，点阵发生器的D2输入就应为X。

要实现这一步就要求在数字逻辑设计方面有相当的经验。这个程序对老练的技术人员来说非常明白，但对于初学者有时会感到束手无策了。

所有这些分析和简化的结果是什么；答案在图11-4的电路中。这是一个产生图11-2四帧活动图形的完整电路，同时也是一个如何用一些简单电路，来完成一项看起来十分复杂的任务的例子。它把四帧活动图形序列简化成由一个8×8扩展点阵发生器和四个IC外围器件可以完成的电路。

将图11-3的表和图11-4的电路进行比较，我们可以看出，所有数据输入为逻辑0的输入端可以公共端（地）相连；而当输入端恒为逻辑1时，则与＋5V相连接。这两个简单的操作就解决了两帧图形输入端的18种情况。

此外，输入端D10总是等于X，而D19总等于$\overline{X}$，图11-4中的X输入端可直接与D10连接，D19而是X输入经IC3-B反相得

到的。

在图11-3（c）中，所有确定的其他D输入端为D2、D17、D25等。由于它们在两帧图形中的状态不一样，数据也各不相同。例如D1在第一帧图形里（即B0=0）等于X；而在第二帧图形中，它等于0了（即B0=1）。

B0信号——用于区别第一帧和第二帧图形，——由一个两位二进制计数器IC2-A和IC2-B的最低有效位产生。B0=0，IC3-A门打开，将IC3-B输出的$\overline{X}$信号反相送到D1。换句话说，当B0=0时，D1置X（即满足图11-3c中对D1规定的条件）。B0为逻辑1时，IC3-A门关闭，保证D1端为逻辑0电平。

用类似的方法可以导出D2的数据，从IC3-B取出的$\overline{X}$信号；帧选择信号从IC2-A的$\overline{B0}$输出端取出。当B0=0时，$\overline{B0}$为1，IC3-C门关闭，保证D2输入端为X。这些条件符合图11-3（c）对D2所作的规定。

据图11-3（c）可知，D25正好是D2输入的反相，即D2=0时D25=1；D2=X时，D25=$\overline{X}$。那么在D2和D25之间用IC3-D进行反相，产生D25的输入。

最后，从图11-3（c）明显看出，D17与B0相等，最后一根D的连线就是将IC2-A的B0输出直接连到点阵发生器的D17输入端。

前面叙述的电路，完全可以将第一帧与第二帧区别开来。尚待解决的问题是为产生第三和第四帧的镜向图象，需要将水平计数方向进行改变。这要在B1=1时，改变S0、S1及S2选择线的水平计数输入来完成。实际上也不复杂，我们只要将这些H计数电平通过异或门IC4-A、IC4-B和IC4-C就行了。这些选择线顺向计数，还是反向计数取决于IC2-B的的逻辑电平，B1=0（第一、第二帧）时，顺向计数；B1=1（第三、第四帧）则反向计数。

由IC2-A和IC2-B组成的二位二进制计数器产生一个四位

二进制数的序列，每一个数代表一帧活动图象。计数的频率由555型多谐振荡器IC_1固定，调节**速率**（RATE）旋钮可以控制图形活动的速度。

图11-4所示的H计数技术条件，产生32H×32V的图形。推荐的窗口输入使图形位于接近屏幕右下角，当然所有这些H、V计数信号，可从滑动计数器电路获得。因此，可以使活动图形在屏幕上运动。

IC_1的**运行/停止**(RUN/STOP) 输入使图形固定在第一帧的位置，而点阵发生器的**消隐/不消隐**（BLANK/UNBLANK）输入可以使整个图形在屏幕上消隐。

这个特定的活动图象序列，不要求使用图11-1所述的2-4线译码器。在结束活动图形的讨论之前，我们应该了解这个电路，在更复杂情况下所具有的优点。

图11-5是一组八帧活动图形序列，它是一个位于支座上的翘翘板。这八帧图形以很快的速度掠过屏幕时，就好象翘翘板在上下动作（顺便告诉读者，这是一种流行的投币式游戏机）。

这些图形有些失真，但事实证明，观察一个静止图形所感觉出的图形失真，比观察一个活动图形所产生的失真要严重得多。

设计这个活动图形电路的方法与前面已叙述过的四帧活动图形电路设计方法一样。

1.用标准点阵格式画出基本图形序列（图11-5）。

2.尽可能减少画面数量，注意它们是否互为镜象图形。

3.分配点阵中不扩展部分的逻辑电平，用X和$\bar{X}$表示第三级H计数信号如图11-6（a）。

4.记下各帧具有相同输入组合的D输入图11-6（b）。

5.作出每一种D输入的真值表，如图11-6（c）。

6.设计求解真值表的逻辑电路。

7.完成电路设计，确定H、V计数信号，使图形在屏幕上的大小和位置确定下来（图11-7）。

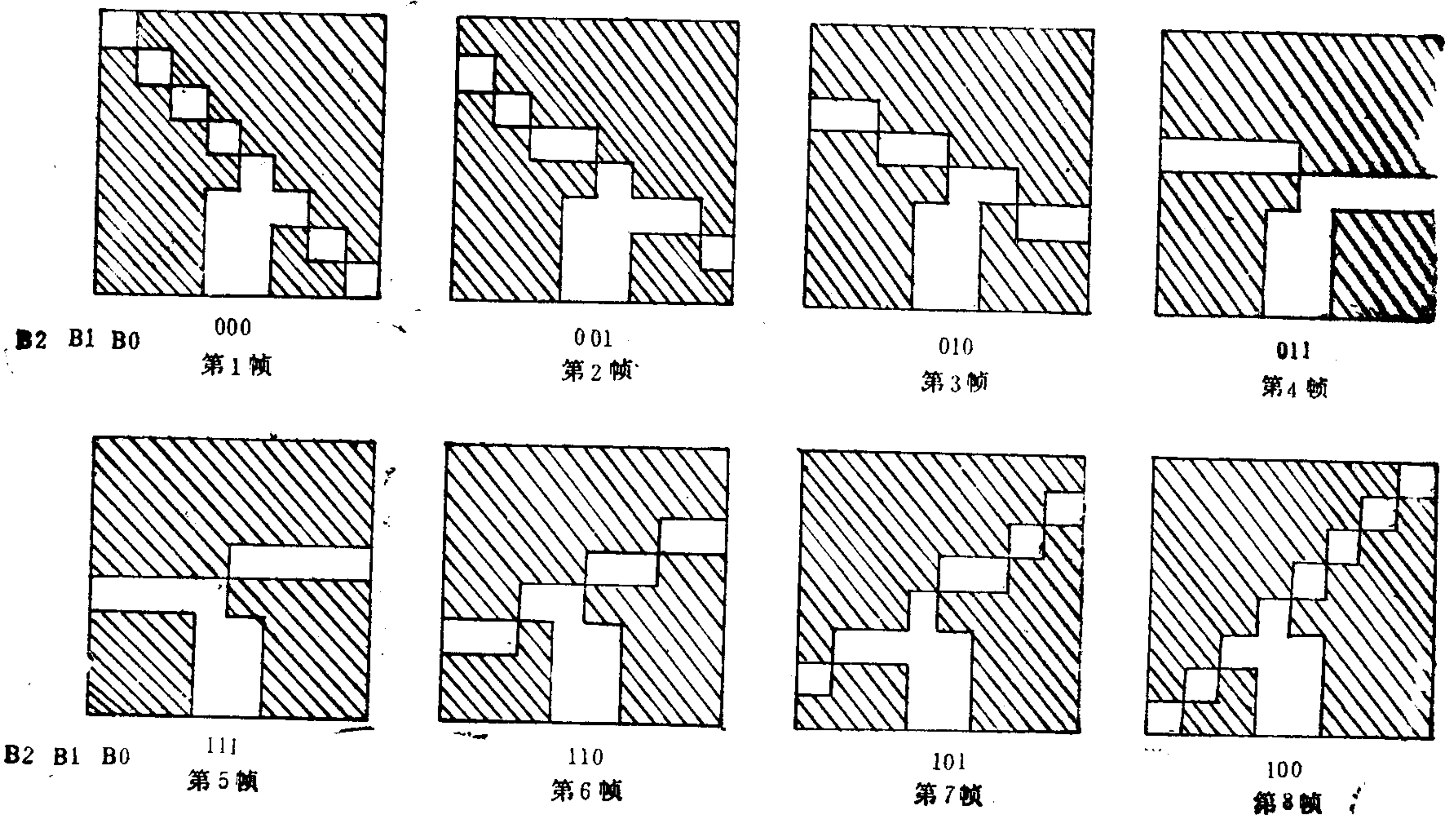
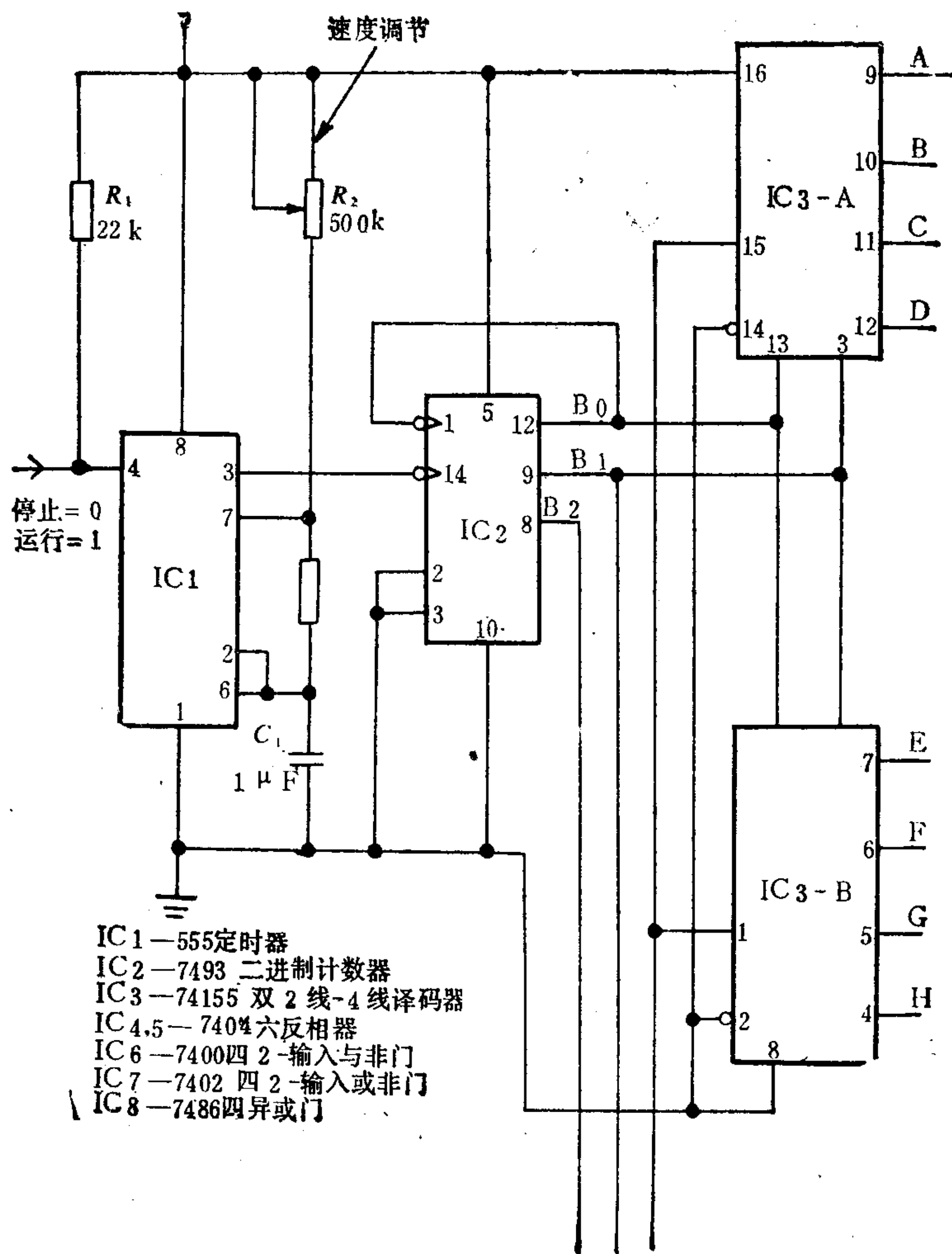
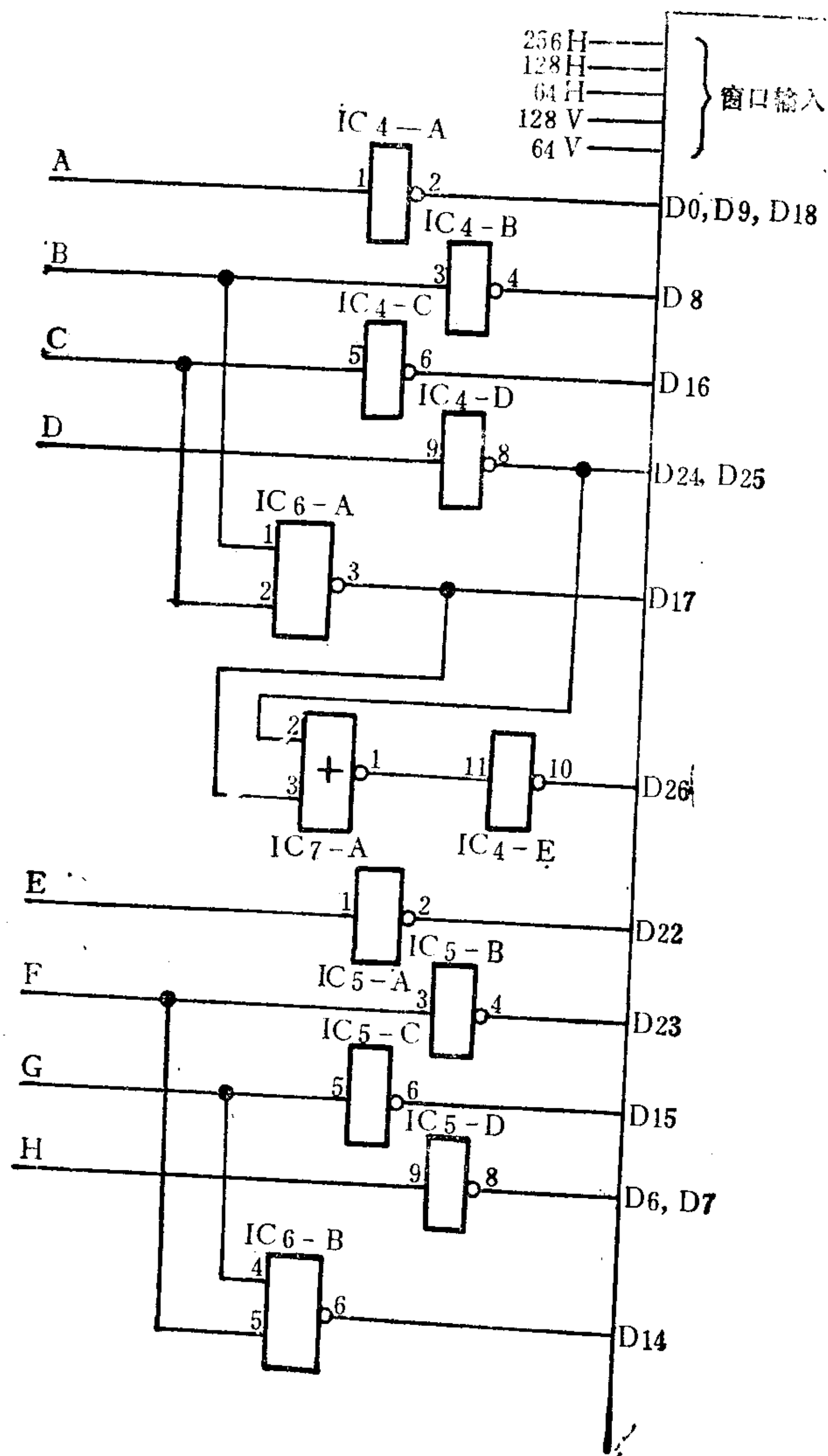


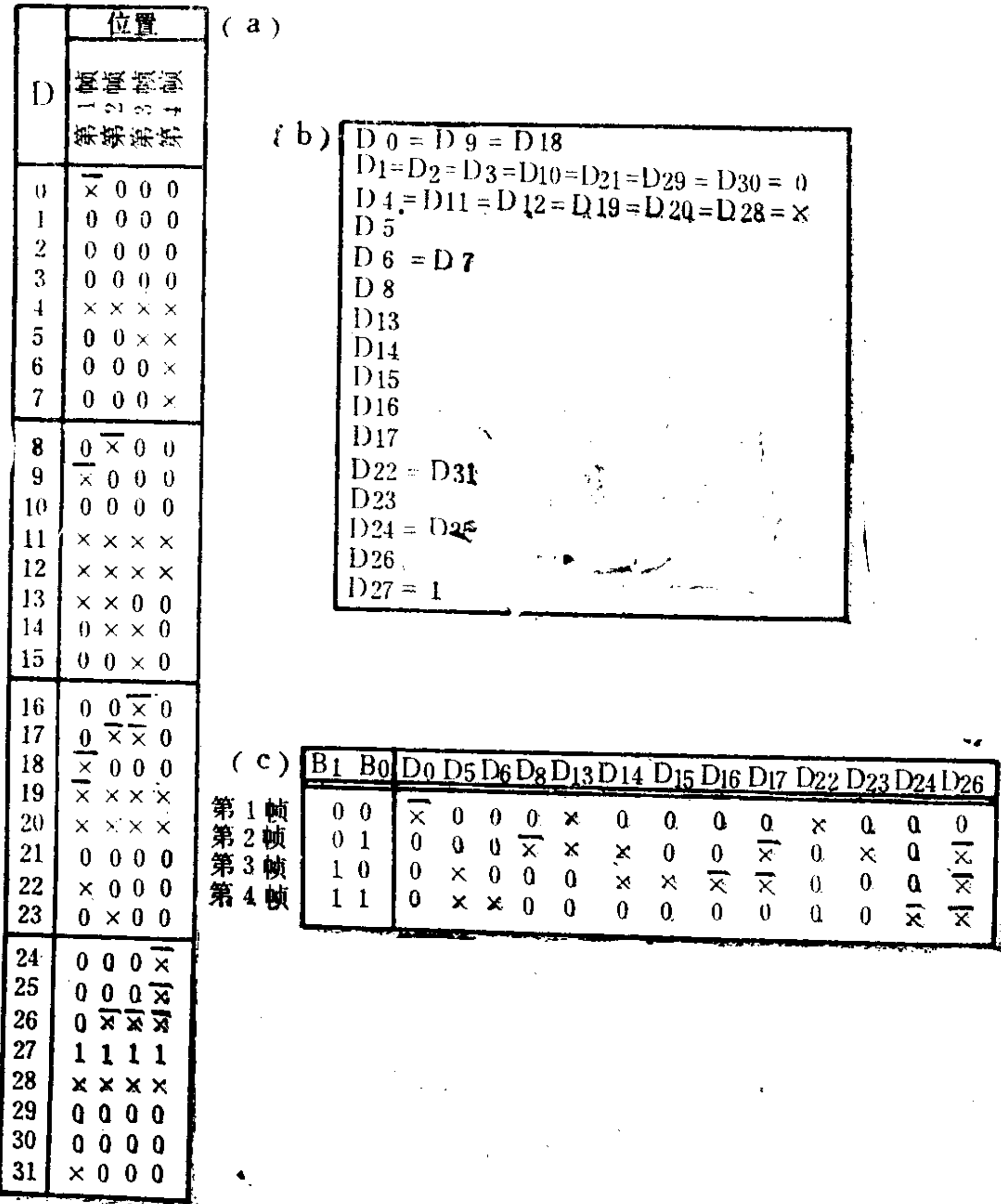
图11—5 8帧翘翘板活动画面


速度调节
R1
22 k
R2
500k
停止=0
运行=1
IC1
IC2
IC3-A
IC3-B
B0
B1
B2
C1
1 μF
A
B
C
D
E
F
G
H
IC1—555定时器
IC2—7493 二进制计数器
IC3—74155 双 2 线-4 线译码器
IC4,5—7404 六反相器
IC6—7400四 2-输入与非门
IC7—7402 四 2-输入或非门
IC8—7486四异或门


256 H
128 H
64 H
128 V
64 V
窗口输入
A
B
C
D
E
F
G
H
IC 4 — A
IC 4 - B
IC 4 - C
IC 4 - D
IC 4 - E
IC 5 - A
IC 5 - B
IC 5 - C
IC 5 - D
IC 6 - A
IC 6 - B
IC 7 - A
D0, D9, D18
D 8
D 16
D24, D25
D17
D26
D22
D23
D15
D6, D7
D14

从图11-5所绘图形可以看出，其中一半是另一半的镜象。例如第八帧是第一帧的镜象；第七和第二帧；第六和第三帧；第五和第四帧，它们都互为镜象图形。这就只需由8×8点阵发生器产生四帧各不相同的图形就行了。镜象图形用相同的数据电路产生，但H计数地址往后运行，而不是向前。

图11-6（a）中是分配给点阵发生器D输入产生四帧基本图



（a）

D	位置 第1帧	第2帧	第3帧	第4帧
0	$\overline{\times}$	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	×	×	×	×
5	0	0	×	×
6	0	0	0	×
7	0	0	0	×
8	0	$\overline{\times}$	0	0
9	$\overline{\times}$	0	0	0
10	0	0	0	0
11	×	×	×	×
12	×	×	×	×
13	×	×	0	0
14	0	×	×	0
15	0	0	×	0
16	0	0	$\overline{\times}$	0
17	0	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0
18	$\overline{\times}$	0	0	0
19	$\overline{\times}$	×	×	×
20	×	×	×	×
21	0	0	0	0
22	×	0	0	0
23	0	×	0	0
24	0	0	0	$\overline{\times}$
25	0	0	0	$\overline{\times}$
26	0	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$
27	1	1	1	1
28	×	×	×	×
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	×	0	0	0

（b）

$D_0=D_9=D_{18}$
$D_1=D_2=D_3=D_{10}=D_{21}=D_{29}=D_{30}=0$
$D_4=D_{11}=D_{12}=D_{19}=D_{20}=D_{28}=\times$
D_5
$D_6=D_7$
D_8
D_{13}
D_{14}
D_{15}
D_{16}
D_{17}
$D_{22}=D_{31}$
D_{23}
$D_{24}=D_{25}$
D_{26}
$D_{27}=1$

（c）

	B_1	B_0	D_0	D_5	D_6	D_8	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	D_{26}
第1帧	0	0	$\overline{\times}$	0	0	0	×	0	0	0	0	×	0	0	0
第2帧	0	1	0	0	0	$\overline{\times}$	×	×	0	0	$\overline{\times}$	0	×	0	$\overline{\times}$
第3帧	1	0	0	×	0	0	0	×	×	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0	0	0	$\overline{\times}$
第4帧	1	1	0	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$

图11-6　图11-5　8帧活动画面的真值表分析（a）1，2，3，4帧D输入编程　（b）4帧画面具有相同编程数据输入的等式（c）矩阵D输入编程的简化真值表

形的逻辑电平，而图11-6（b）的等式表示这些D输入相同。

图11-6（c）将那些不是常量0、1或X的有代表性的D输入进行了整理，换句话说，它表示在四帧基本图形间，要求进行一些逻辑变换的D输入。

现在该弄清图11-1中所述的双2-4线码译器的作用了。请注意图11-6（c）中的D0、D8、D16及D24的逻辑序列，把它们进行分组，产生类似图11-1的真值表的逻辑电平模型。我们将B0、B1分别相应地加到A、B选择输入端，通过变换送到4个2Y输出端，然后将X送到C1，那么从4线译码器就可以直接得到这些点阵发生器的D输入。图11-7的IC3-A完成这些工作。

进一步研究图11-6（c）的真值表，可以发现由D22、D23 D15和D6组成的译码器式的逻辑模型。在这个例子中，一组信号由三个0和一个X组成，它可以用图11-1译码器的1Y输出部分经过反相产生。将X输入接到IC3-B的第1脚，选择端仍旧是B0和B1，改变译码器部分输出的相位，即可得到D22、D23 D15、D6所需的信输。

一个双译码器组件IC3，可以在活动点阵产生12格可编程数据输入。完成图11-6（c）给定的工作实际上就是变换已有的逻辑电平。

例如，D17输入使用两个$\overline{X}$端，它们由D8和D16通过一个或电路获得。IC6-A完成这项工作，它利用与非门输出端的反相数据产生相或的作用。D14输入由D15和D23相或得到。IC7-A和IC4-E一起使D17和D24相或产生D26输入。

D5和D13可以从其他D息入的组合中进行或运算来得到。图11-7所示的电路是用另一种方法产生的。D5似乎与B1帧选择位有更密切的关系（B1=0时，D5=0；B1=1时，D5=X），所以，通过当B1=0时，门关闭；B1=1时、让X出现来获得D5信号是可能的。我们用或非门IC7-C来完成这个简单的与操作，由B1和X反相获得。

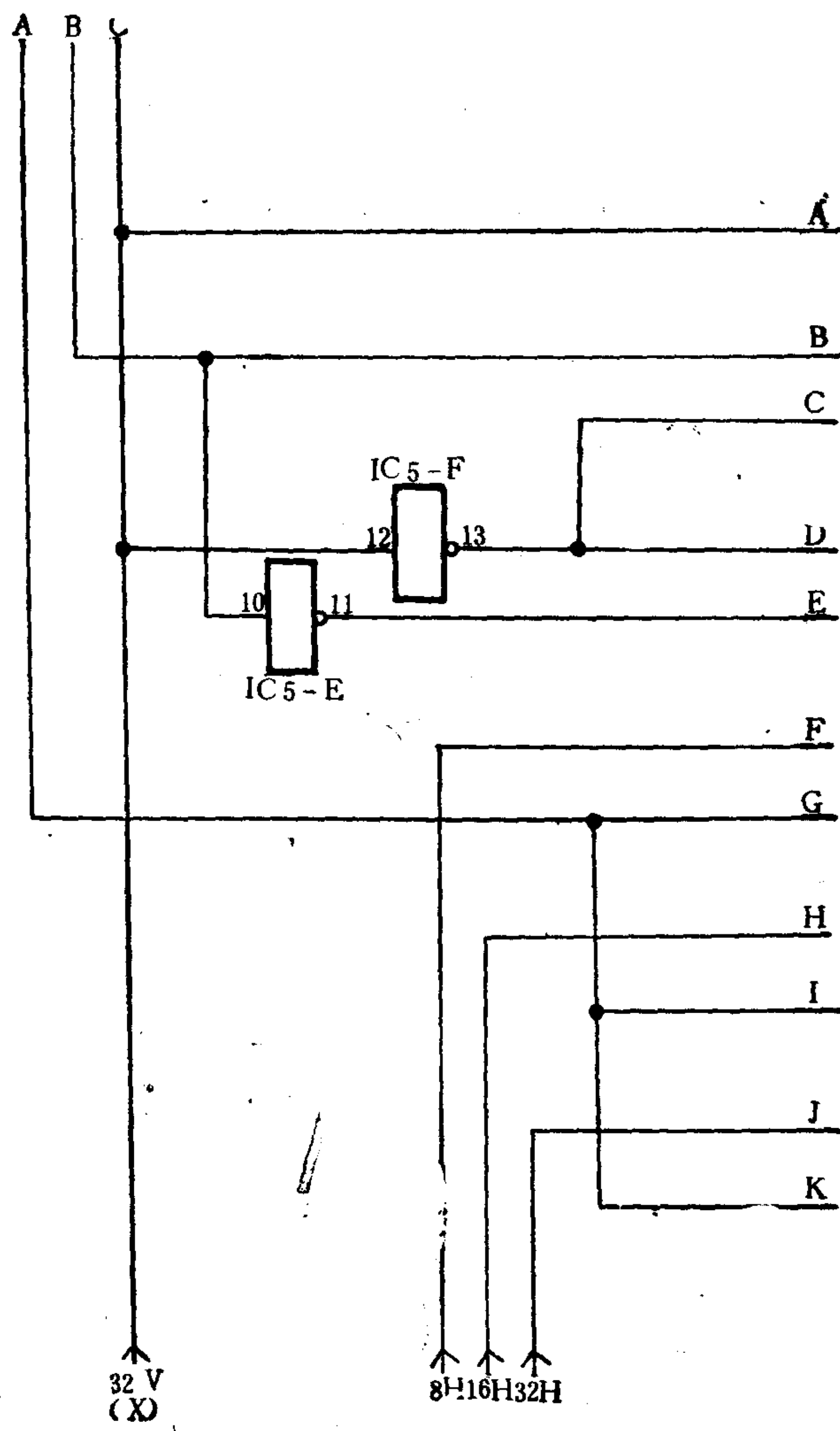
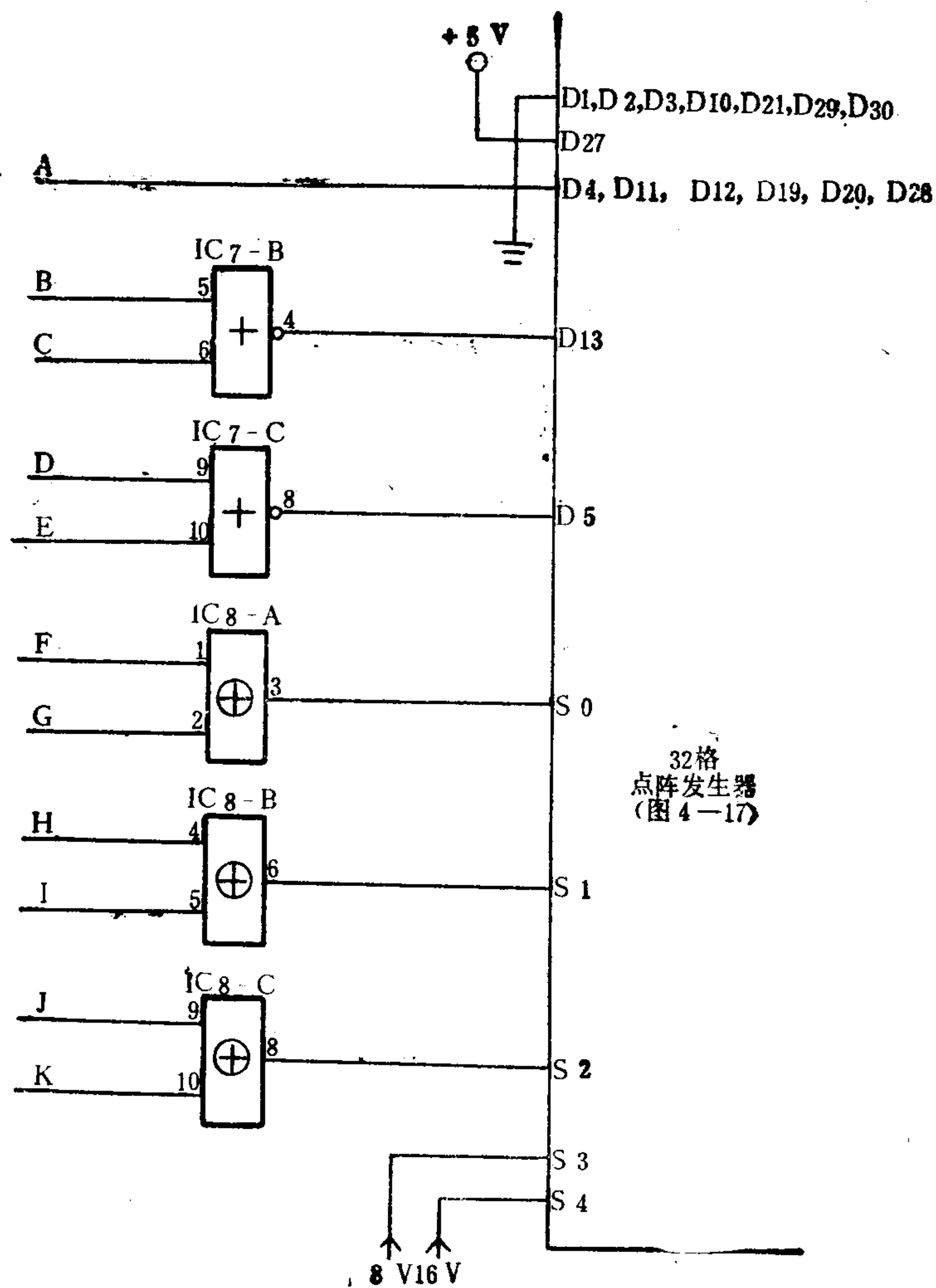


图11—7　产生图11—5



8帧活动画面序列的电路

另一方面，D13表示$B_1=0$时为X和$B_1=1$时输出为0，这也是基本的与运算，可由IC7-B完成。

8×8扩展点阵发生器的数据输入完全可以满足这八帧活动画面的要求。余下的问题是怎么使H计数选择输入在第5到第8帧时反向运行。这可用IC8-A到IC8-C三个异或门来实现。当B2为0——相应于前4帧时，选择输入S_0、S_1和S_2顺序运行；当B2变为1时，即相应于后4帧时，异或门使H计数信号反相，选择输入端反向计数，从而产生1～4帧的镜象图形。

翘翘板活动的速率，可以调节**速率调节**(RATE ADJUST)电阻改变它的快慢，这个电阻还决定IC2帧计数器的计数频率。

使用图11-7规定的H、V计数信号技术条件，翘翘板的图形大小为32H×32V，位于屏幕的右下角。当然，这些条件可随你的设计需要进行变化。

设计电视游戏活动图象序列并不是一件简单的事情。但只要刻苦学习一定会获得成功。事实上不少自学者已经能独立设计和制作电视游戏活动图形。电视游戏活动图形乐趣无穷，我们必须耐心细致地做这项工作，初学者在没有积累足够的经验之前，可设计一些简单的活动图形。

图形的转旋

使图形在屏幕上移动是一回事，让图形在运动方向转动又是另一回事了。目前市场上流行的电视游戏机都具有旋转功能：飞机翻跟斗；坦克移动时的旋转；大炮的瞄准和转动。

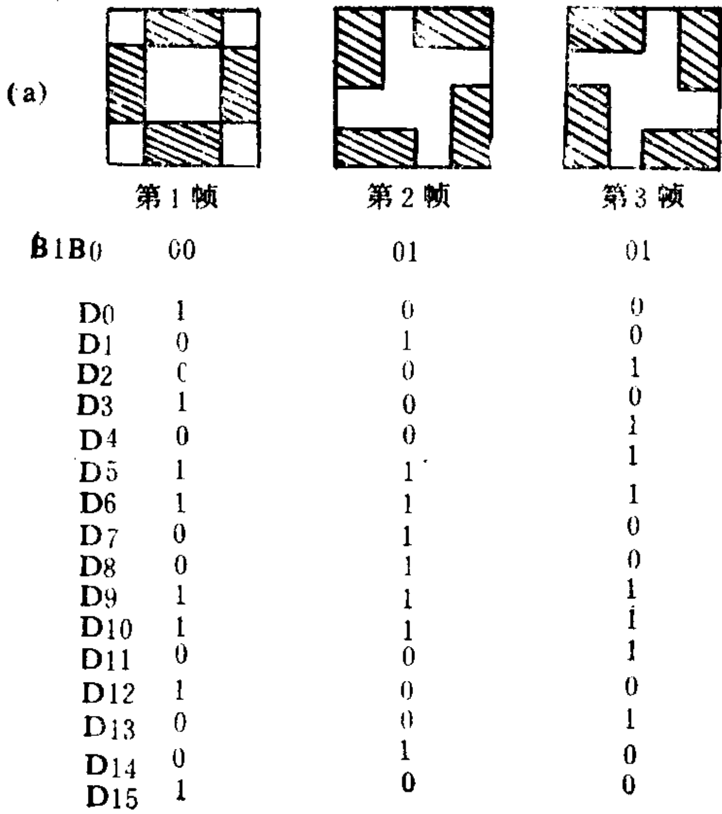
图形旋转是图形活动的一种特殊情况，它要求对游戏内容进行详尽的分析研究，要有足够的耐心，并对电路设计非常熟悉。

图11-8是一个十分简单的图形旋转的实例。我们可以把它看成一个在黑色区域的“X”图形。第一帧是它的基本位置；第二、三帧表示“X”图形顺时针分别旋转30°、60°。如再转30°，

产的旋转角度为90°。因为这个图完全对称，旋转90°后，看起来与第一帧完全一样。

这个简单图形的旋转可以用三帧不同的画面来实现，它们由图4-5所示的4×4矩阵发生器产生。各帧图形的D输入列在图形下

(a)



(b)

B1B0	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
00	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
01	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
10	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0

(c)

D0=D3=D12	D15
D1=D7=D14	
D2=D4=D11	D13
D5=D6=D9	D10

图11-8 一个非常简单的活动/旋转图形序列

(a) 图形和相应的D输入矩阵编程 (b) 简化的真值表

(c) 所有3帧中具有相同编程的D输入

面。图11-8（b）和图11-8（c）是设计适当的D编程电路所要求的真值表和等式。

图11-8（b）中的D0、D1、D2就是2-4线译码器的反相输出。参看图11-9中的IC3和IC4。输入D5是逻辑1，它和等式中其他四个输入端直接连到+5V。

这是完成D输入编程的步骤，余下的问题是加上选择和窗口输入。使用图11-9给出的技术条件，这个图形的大小为32H×32V，位于屏幕中心的右下方。

我们调节多谐振荡器IC1的频率时三进制计数器IC2以不同的速率产生00、01，10、00、01，……等序列，看起来，图形在屏幕上进行旋转似的，频率越高，旋转越快。

90°为增量旋转的重要性

复杂的不对称图形进行旋转需要比较高的技术，一般简单的活动图形序列不必使用。为了获得感性知识，我们假定图形以45°为增量旋转360°。这是一种很不精确的旋转序列，图形以不实际的形式从一个45°跳到下一个45°。

图形若以步距45°进行旋转，它必须有0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°、335°等八帧活动画面。如再转45°，图形回到0°的基本位置。请参看图11-10。

从前面讨论的活动图形序列来看，我们认为并不需要八组不同的D输入点阵程序来完成这一任务。例如，180°图形是0°的垂直镜象，270°是90°的水平镜象；135°是45°的垂直镜象；315°又是225°的垂直镜象。这8个图形只要4个产生垂直和水平镜象就可以获得了。因此，确立其中四帧D输入矩阵程序，再改变其水平或垂直的计数方向，整个旋转图形的8帧画面就获得了。

这样得出来的图形效果不会太坏。但是读者一定想了解它的精确程度，游戏者会看到旋转不均匀、不平滑。图形每隔45°就会出现突跳。克服这个缺点，我们就要让图形旋转的角度变小。

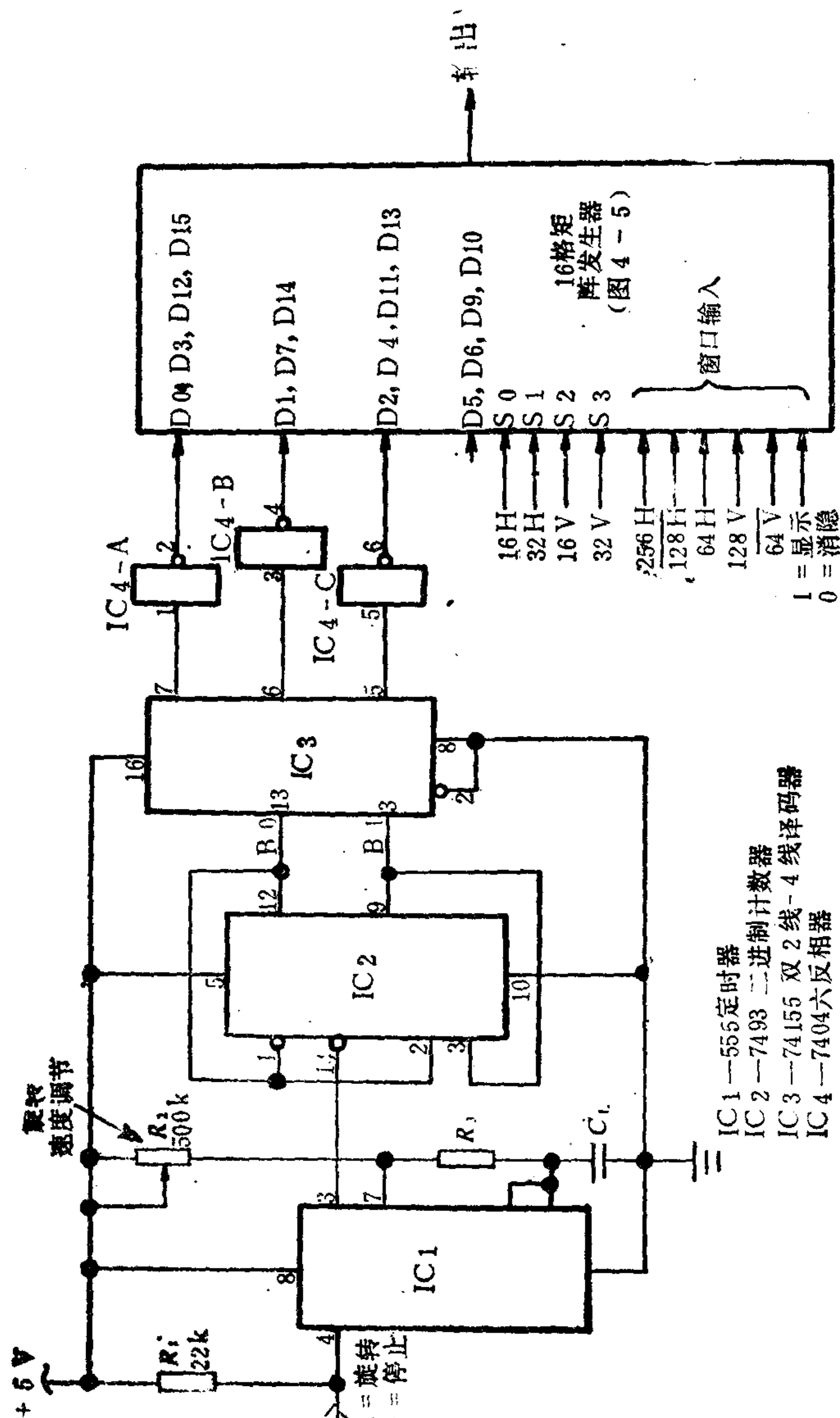


图11-9　产生图11-8的活动/旋转图形序列的电路

假定我们将最小角度增量减半，使复杂图形以$22^1/_2°$的增量旋转，旋转图形序列的数目是否要成倍增加呢？不，图形的数量增加了4倍，整个过程要复杂4倍。要解决复杂图形的旋转问题，

必须采用特殊方法,这个方法就是90°旋转法。

从图11-10旋转图形序列的分析说明,我们可以用四帧编程图形(0°、90°,45°, 225°)来完成。改变水平或垂直的计数方向产生另外四帧图形。然而,我们采用90°偏转法,只要用0°和45°两个点阵程序就可产生八帧图形了。

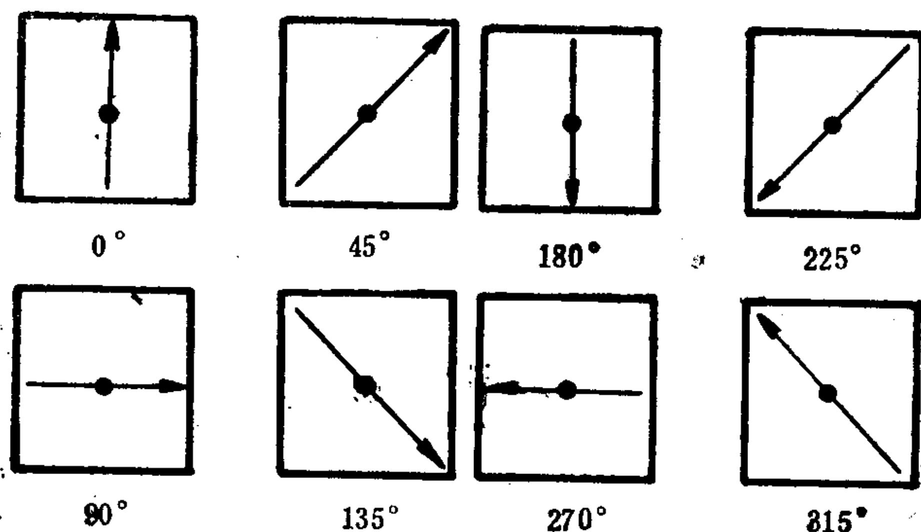


图11-10 以45°为增量旋转360°各部分的定义域

图11-10中的程序是建立在以45°为增量的基础上的,可以看出,0°图形每次旋转90°就可得到90°、180°、270°的图形,而以45°为增量可以得到135°、225°、315°图形。我们采用90°偏转法,可从0°和45°的D输入矩阵编程获得所有八帧图形。16帧的旋转序列则可用四个D输入矩阵编程产生。

图11-11所示是一个以90°为增量旋转的4×4点阵图形的设计,它是改变选择格式,而不是改变D输入矩阵编程。在这种情况下,基本的0°矩阵是用一般的方法产生的:将H计数最低有效位(H_0)加在矩阵发生器的S_0端;将H计数最高有效位(H_1)加在S_1端,以此类推。阵列单元中的数字表示它们的相对位置:第一个数字为选择输入端S_0和S_1的十进制值;第二个数字则是加在选择输入S_2和S_3的十进制数值。

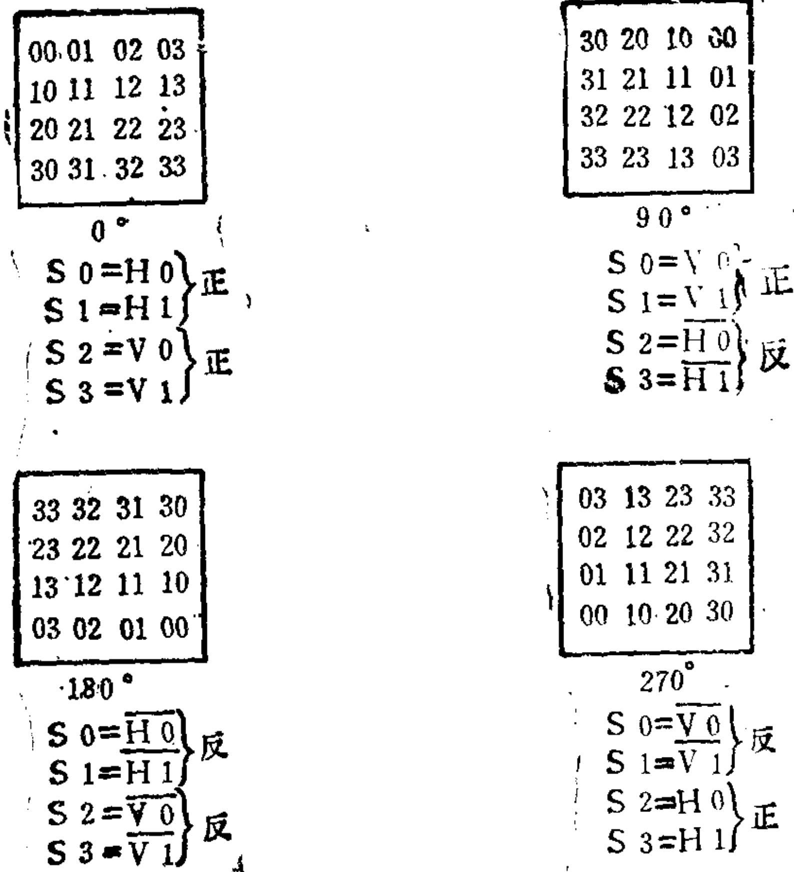


图11—11　90°偏转点阵和相应的地址技术条件

从基本阵列顺时针旋转90°，我们只要将阵列周围的计数信号进行改变就行了。在90°的图形中，00代替了03，03代替了33，以此类推。如果复杂图形在90°阵列内构成，那么就相当于它们在0°阵列内旋转了90°。

旋转90°需要将两个V计数输入端接到通常是接H输入端的S_0和S_1上去。此外，还得将H计数位反相后，接到矩阵发生器的S_2和S_3上去，改变它们的计数方向。

顺时针方向再转90°，我们就可得到180°阵列，H和V计数信号通常都接在选择输入端，反相后驱使二者都反相计数。最后再旋转90°产生270°阵列，选择输入端的连接与90°阵列图形的接法相似，不同的地方是V计数输入反向运行。

偏转	B1	B0	S0	S1	S2	S3
0°	0	0	H0	H1	V0	V1
90°	0	1	V0	V1	H0	$\overline{H1}$
180°	1	0	$\overline{H0}$	$\overline{H1}$	V0	$\overline{V1}$
270°	1	1	V0	V1	H0	H1

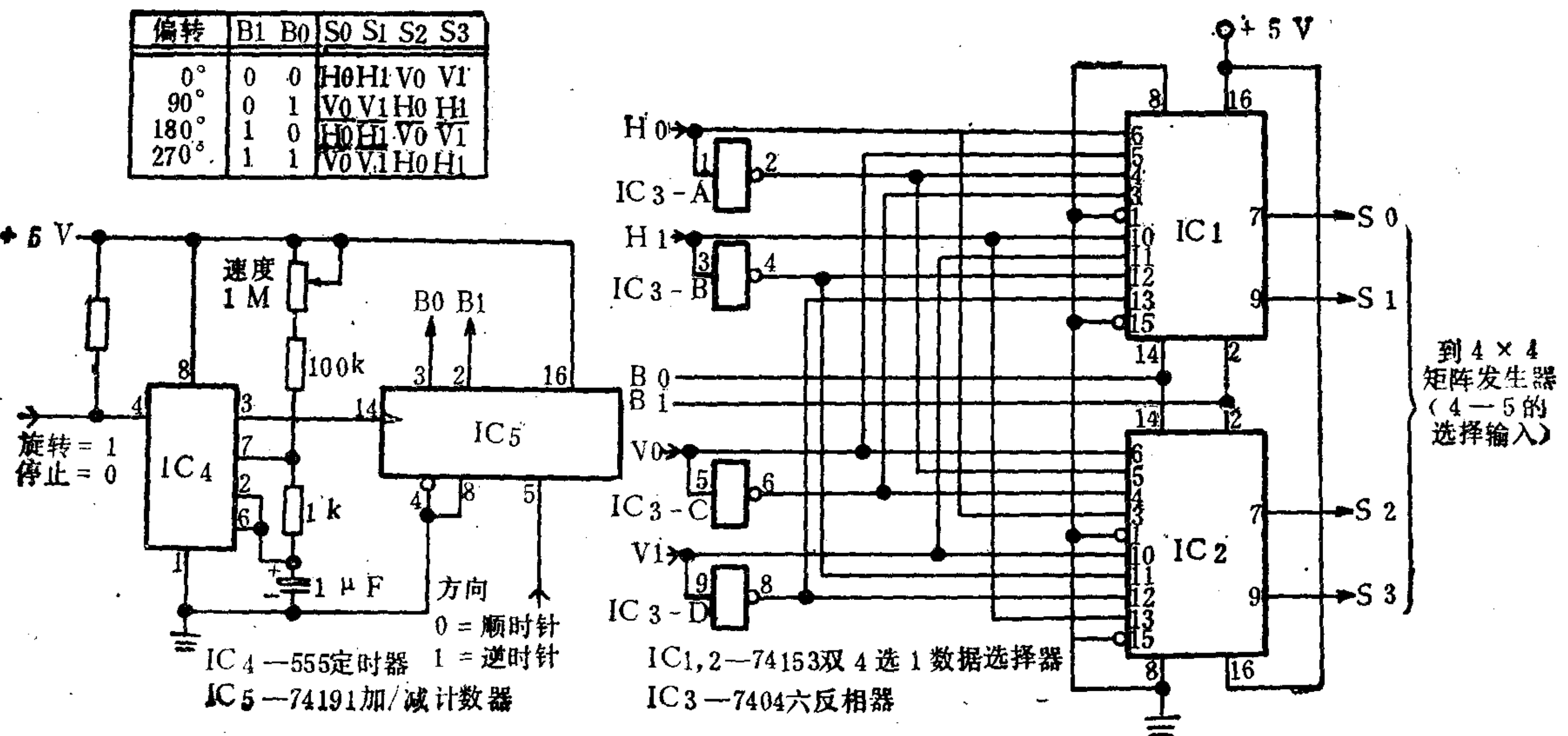


图11—12 一个标准的90°偏转电路

（a）真值表的设计 （b）电路图 （c）控制旋转速度和方向的电路

我们可以将任一个4×4矩阵产生的图形以90°为增量进行旋转。图11-12（a）真值表表示四个不同角度时，连接在图形选择输入端H和V计数的组合情况。角度的选择由B0和B1两位二进制数值决定。例如，当时B0＝B1＝0时，图形是0°的基本位置，而B0＝1，B0＝0时，则图形旋转90°。

怎样通过两个B输入端的两位二进制计数程序的运行来获得各种不同角度的阵列图形？图11-12（b）的电路给出了答案。它是一组四个4选1数据选择器电路，为矩阵发生器的四个选择线提供输出信号。

仔细研究11-12（b）电路，我们可以看出，它是满足图11-12（a）的真值表的。这个真值表是图11-11的阵旋转电路产生的，最后由图11-12（b）的电路来执行。一个由矩阵发生器D输入编程的图形，可以旋转到四个不同的位置。

图11-12（c）是控制图形旋转电路，调节速率电位器控制旋转速度。方向（DIR）输入的逻辑电平决定图形顺时针方向，还是逆时针方向旋转。

90°偏转方法怎样用于简化小增量图形的旋转呢？若以45°为增量，首先决定两个D输入程序，一个是0°基本位置；另一个是45°位置。为了选择两个基本图形中的一个，还要求增加一个旋转位。图11-12中的两个是确定它们偏转多少所需要的。

图11-13的真值表表示将4×4矩阵图形顺时针旋转360°，每次偏转45°的旋转序列。

每次偏转22.5°的8×8图形的旋转

前面叙述的45°旋转序列是用来说明电路如何工作的例子。要使图形旋转均匀、平滑、得到满意的效果，图形的旋转增量不应大于22.5°。我们以坦克图形为例，说明怎样将图形活动与90°偏转的原理相结合，把非常复杂的旋转过程转换成合理的简单形式。

图11-14是一个8×8阵列作90°偏转的设计。矩阵的产生程序和图11-11中简单的图形产生程序相同，然而矩阵单元的数目大大地增多了。

使用8×8点阵发生器需要六条选择线，用S_0到S_5标出。（比较一下图11-14(b)和图4-17的矩阵发生器）其中三条选择线与反相或不反相的H计数信号相连；另外三条与计数信号相连。改变H、V计数输入组合形式可以完成90°偏转，如图11-14 (b)所示。

图11-15是从图11-14设计方案中导出的电路，可以认为是8×8点阵图形的通用旋转装置。该电路需要六个4选1数据选择器，分别为点阵发生器的选择输入提供适当的数据。该电路满足图11-15中的真值表的要求．而真值表是在图11-14中8×8基本阵列作90°偏转所导出的数据的基础上建立的。

关于基本的8×8矩阵作90°偏转就讲到这里。现在我们将叙述它怎样与活动序列结合使坦克图形在屏幕上旋转。

图11-16是8×8扩展点阵内的坦克图形。它是一个可以在图4-17矩阵发生器D输入编程的四帧活动图形序列。

第一帧是0°基本位置的坦克，它是在8×8点阵内产生的最好的坦克图形；第二帧顺时针转了22.5°，图形有严重失真，然而，它是64个点阵单元产生的最好图形了。此外，它的失真还没没有严重到使游戏者辩认不出的地步。

第三帧表示坦克旋转了45°，也就是在第二帧基础上增加了22.5°。在这个角度，失真反而不那么大。

第四帧是该图形旋转了67.5°。

这个活动图形序列包括四帧各不相同的画面。没有任何办法可以从这一帧派生出另外一帧。然而，通过90°偏转，分别旋转各帧，完全可以产生其他12帧画面。例如，第一帧旋转90°，坦克向右；在此基础上再转90°，共旋转180°，坦克便朝下了；如果再转90°，就使第一帧图形中的坦克变成向左了（总共转了

旋转控制	操　　作	旋转效果
B1 B0 B3		
0 0 0	旋转0°的0°图象	0°
0 0 1	旋转0°的45°图象	45°
0 1 0	旋转90°的0°图象	90°
0 1 1	旋转90°的45°图象	135°
1 0 0	旋转180°的0°图象	180°
1 0 1	旋转180°的45°图象	225°
1 1 0	旋转270°的0°图象	270°
1 1 1	旋转270°的45°图象	315°

图11－13　复杂图形以45°为增量进行旋转的旋转/帧选择表

00	01	02	03	04	05	06	07
10	11	12	13	14	15	16	17
20	21	22	23	24	25	26	27
30	31	32	33	34	35	36	37
40	41	42	43	44	45	46	47
50	51	52	53	54	55	56	57
60	61	62	63	64	65	66	67
70	71	72	73	74	75	76	77

0°

70	60	50	40	30	20	10	00
71	61	51	41	31	21	11	01
72	62	52	42	32	22	12	02
73	63	53	43	33	23	13	03
74	64	54	44	34	24	14	04
75	65	55	45	35	25	15	05
76	66	56	46	36	26	16	06
77	67	57	47	37	27	17	07

90°

77	76	75	74	73	72	71	70
67	66	65	64	63	62	61	60
57	56	55	54	53	52	51	50
47	46	45	44	43	42	41	40
37	36	35	34	33	32	31	30
27	26	25	24	23	22	21	20
17	16	15	14	13	12	11	10
07	06	05	04	03	02	01	00

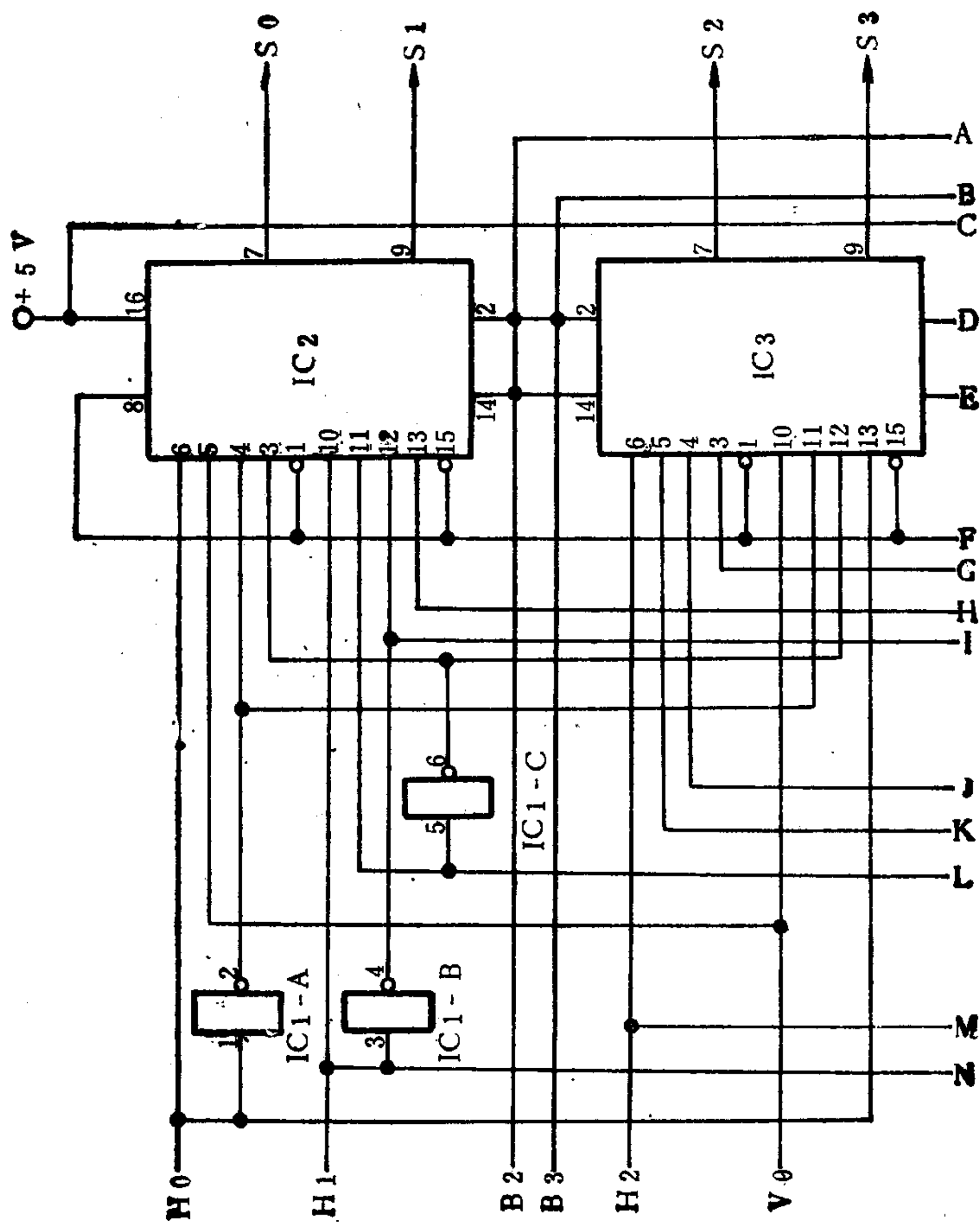
180°

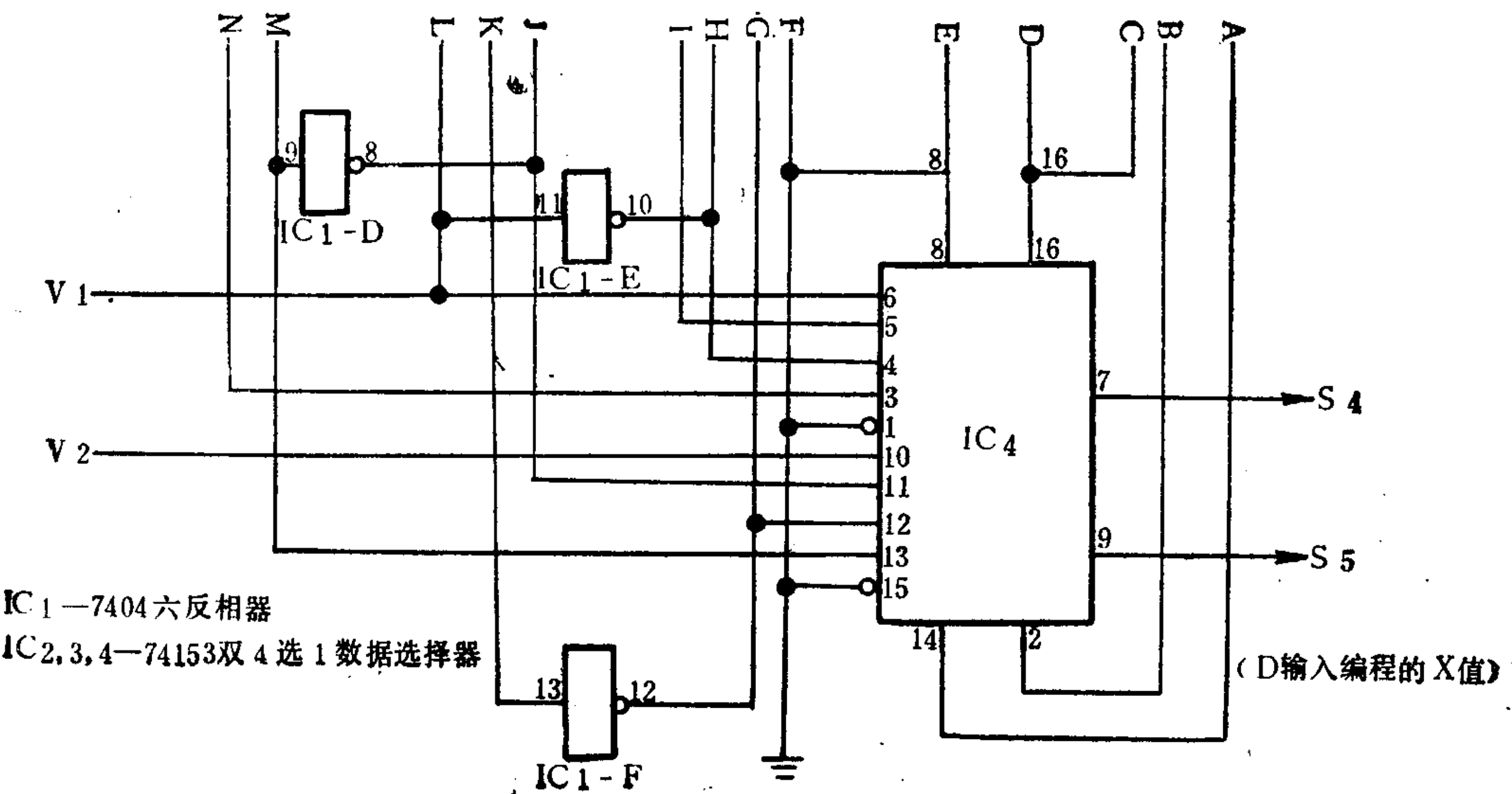
07	17	27	37	47	57	67	77
06	16	26	36	46	56	66	76
05	15	25	35	45	55	65	75
04	14	24	34	44	54	64	74
03	13	23	33	43	53	63	73
02	12	22	32	42	52	62	72
01	11	21	31	41	51	61	71
00	10	20	30	40	50	60	70

270°

0°	90°	180°	270°
S0 = H0	S0 = V0	S0 = $\overline{H0}$	S0 = $\overline{V0}$
S1 = H1	S1 = V1	S1 = $\overline{H1}$	S1 = $\overline{V1}$
S2 = H2	S2 = V2	S2 = $\overline{H2}$	S2 = $\overline{V2}$
S3 = V0	S3 = $\overline{H0}$	S3 = $\overline{V0}$	S3 = H0
S4 = V1	S4 = $\overline{H1}$	S4 = $\overline{V1}$	S4 = H1
S5 = V2	S5 = $\overline{H2}$	S5 = $\overline{V2}$	S5 = H2

图11－14　8×8的复杂图形以90°为增量进行旋转的点阵设计
（a）8×8矩阵每一单元表示计数序列的8的等效值（b）每偏转90°所需的寻址真值表


+5 V
S 0
S 1
S 2
S 3
IC 2
IC 3
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
IC1-A
IC1-B
IC1-C
H 0
H 1
B 2
B 3
H 2
V 0



偏转	B 3	B 2	S0	S1	S2	S3	S4	S5
0°	0	0	H_0	H_1	H_2	V_0	V_1	V_2
90°	0	1	V_0	V_1	V_2	$\overline{H_0}$	$\overline{H_1}$	$\overline{H_2}$
180°	1	0	$\overline{H_0}$	$\overline{H_1}$	$\overline{H_2}$	$\overline{V_0}$	$\overline{V_1}$	$\overline{V_2}$
270°	1	1	$\overline{V_0}$	$\overline{V_1}$	$\overline{V_2}$	H_0	H_1	H_2

图11—15 8×8点阵发生器的通用90°偏转电路

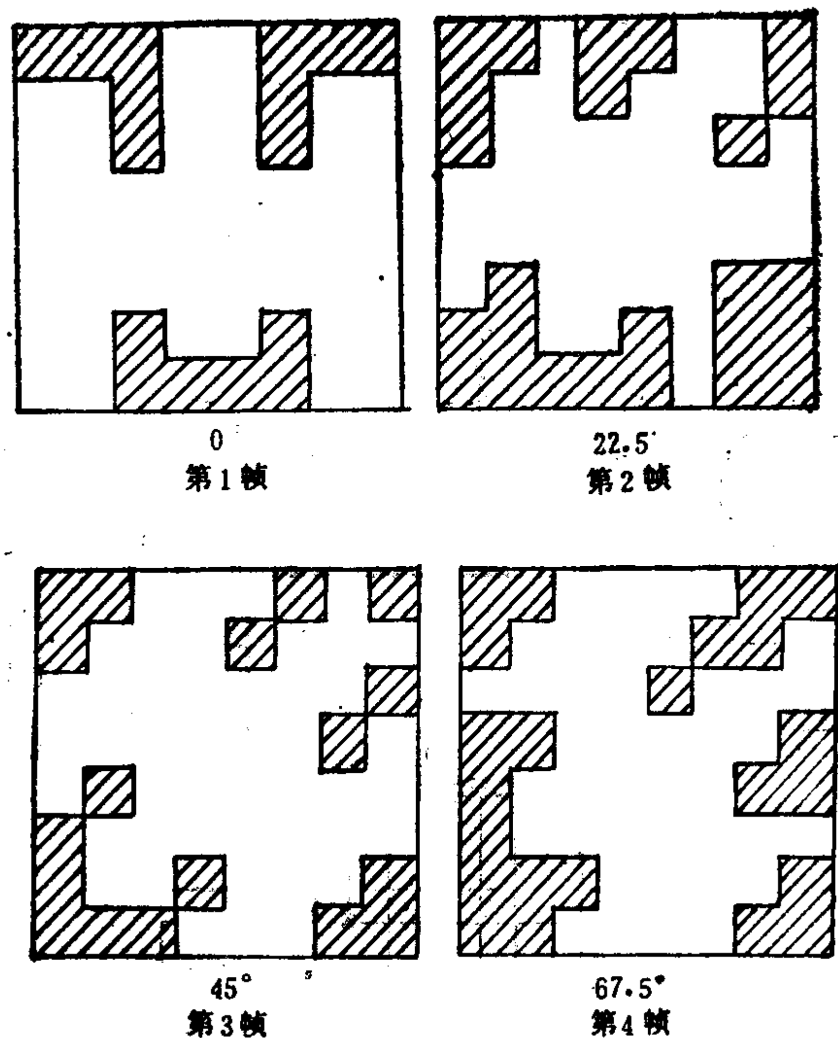


图11－16　坦克图形每22.5°旋转一次所产生的4帧关键画面

270°）。

90°偏转法可以用于四帧基本图形的任何一帧，能够产生16帧坦克图形。这些图象给人以22.5°为增量旋转360°的印象。

在进一步讨论90°偏转之前，我们应将产生图11-16四帧画面的电路设计出来，可以应用本章第一部分的设计程序。由这一程序产生的数据列在图11-17的真值表里，图11-18就是相应的电路图。

到矩阵发生器的D输入	图象			
	0°	22.5°	45°	67.5°
0	×	×	×	0
1	×	×	0	×
2	×	1	1	1
3	1	×	1	1
4	1	×	1	1
5	×	1	×	1
6	×	1	1	0
7	×	×	×	0
8	1	×	0	0
9	1	$\overline{\times}$	1	1
10	×	1	1	1
11	1	×	1	1
12	1	1	×	1
13	×	1	1	×
14	1	×	1	×
15	1	0	1	1
16	1	0	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$
17	1	$\overline{\times}$	1	$\overline{\times}$
18	0	1	1	$\overline{\times}$
19	1	1	$\overline{\times}$	1
20	1	$\overline{\times}$	1	×
21	0	1	1	1
22	1	×	1	1
23	1	$\overline{\times}$	0	$\overline{\times}$
24	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0
25	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0
26	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	1
27	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	1	1
28	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	1	1
29	$\overline{\times}$	1	1	1
30	1	$\overline{\times}$	0	$\overline{\times}$
31	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0

D0 = D7 = $\overline{D26}$	D16
D1	D17
D2 = D10	D18
D3 = $\overline{D}$4 = D11 = D22	D19
D5	D20
D6	D21
D8	D23 = D30
D9	D24 = D25 = D31
D12	D27 = D28
D13	D29
D14 = D20	
D15	

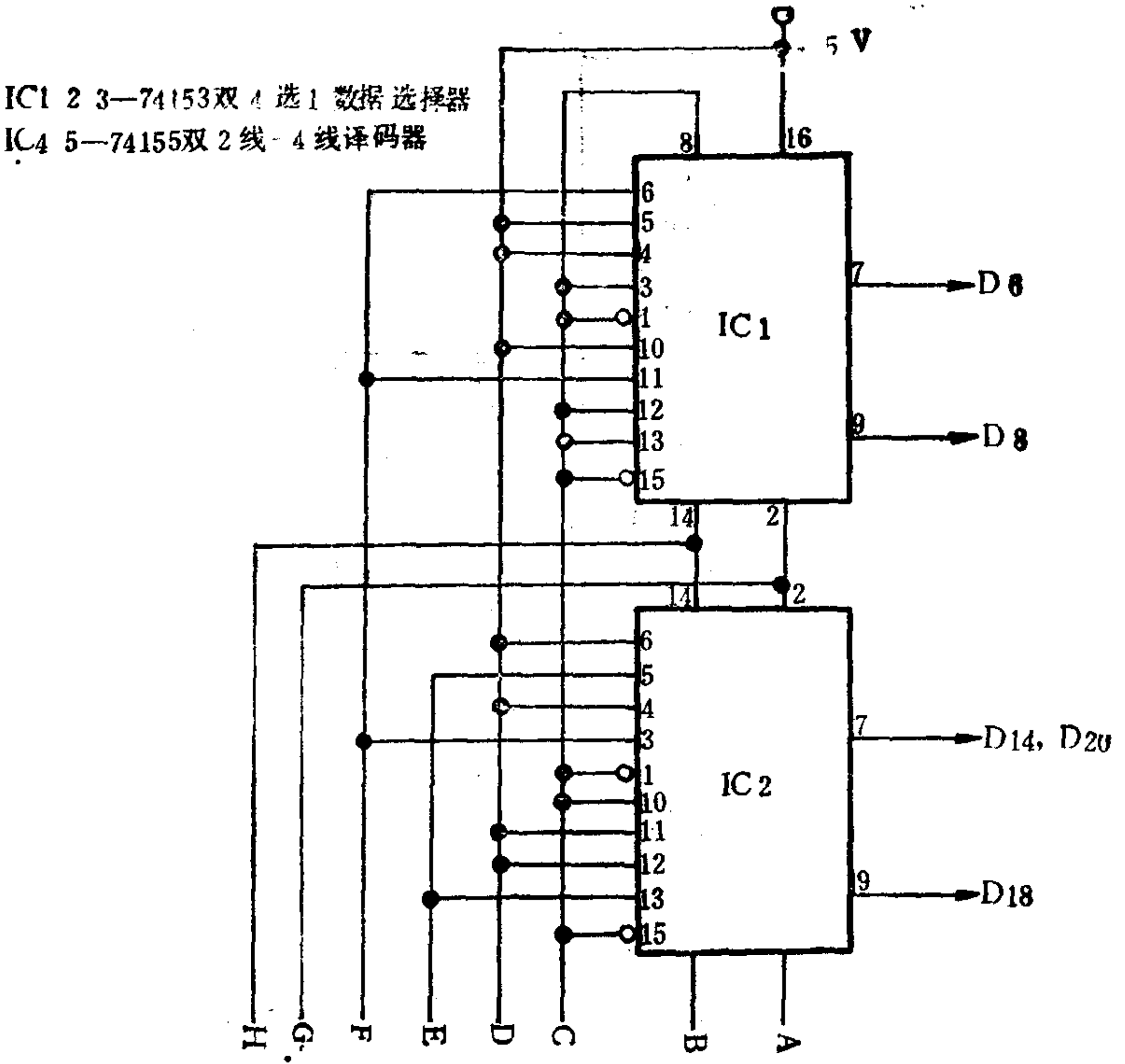
B1	B0	D15	D21	D0	D1	D2	D3	D5	D12	D13	D9	D17	D19	D27	D29
0	0	1	0	×	×	×	1	×	1	×	1	1	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$
0	1	0	1	×	×	1	×	1	1	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	1	$\overline{\times}$	1
1	0	1	1	×	0	1	1	×	×	1	1	1	$\overline{\times}$	1	1
1	1	1	1	0	×	1	1	1	1	×	1	$\overline{\times}$	1	1	1
		1S,0S		XS,0S		1 S, X S					1 S, $\overline{X}$ S				

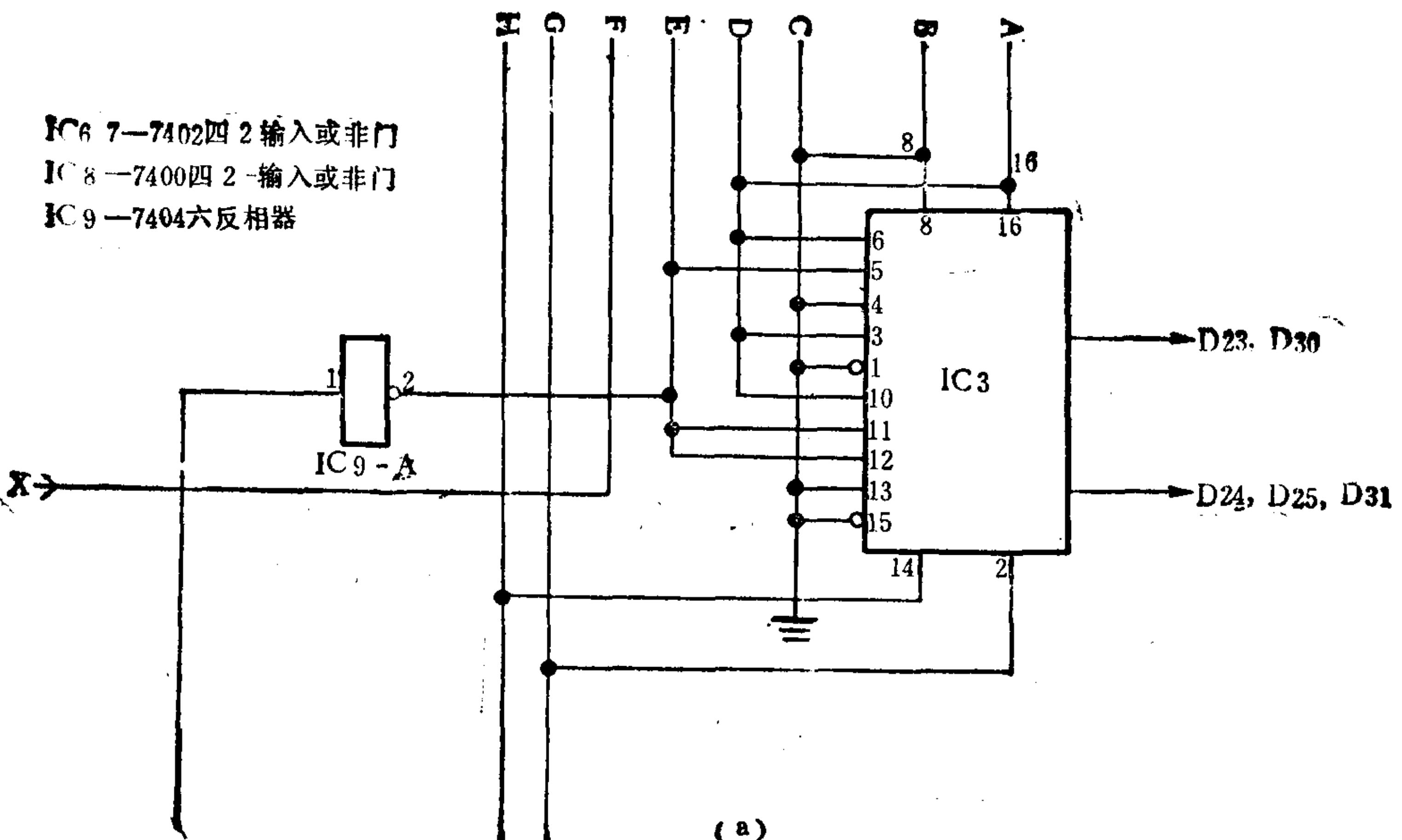
B1	B0	D6	D8	D16	D18	D23	D24	D20
0	0	×	1	1	0	1	1	1
0	1	1	×	0	1	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$
1	0	1	0	$\overline{\times}$	1	0	$\overline{\times}$	1
1	1	0	0	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	$\overline{\times}$	0	×

图11-17　坦克图形旋转的真值表分析

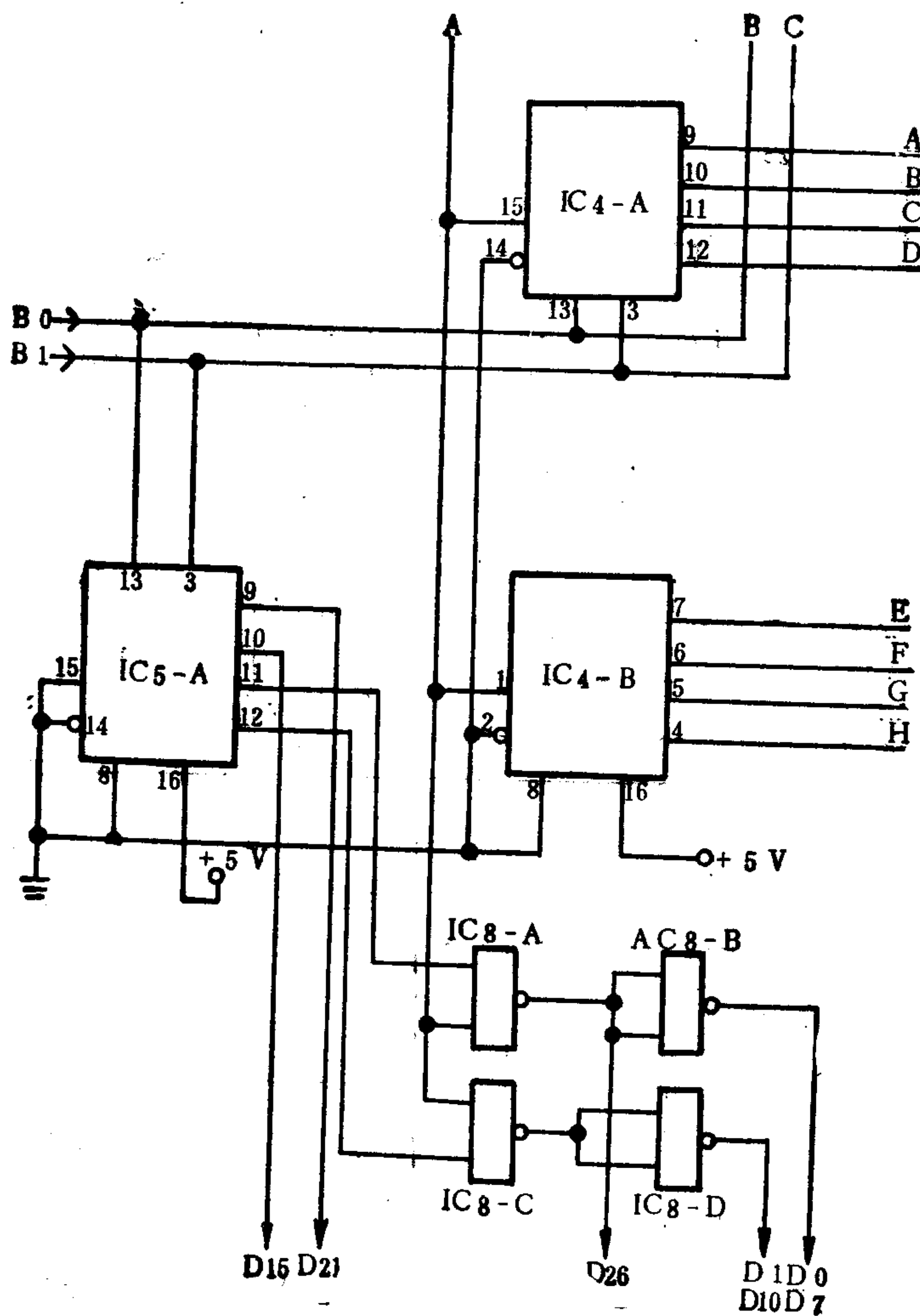
我们没有必要对图11-18的电路的推导作很详细的解释，因为本电路仍然遵循已经叙述过的四帧活动序列的原理。

IC1 2 3—74153双 4 选 1 数据选择器
IC4 5—74155双 2 线 - 4 线译码器




IC6 7—7402四 2 输入或非门
IC8 —7400四 2 -输入或非门
IC9 —7404六反相器
A
B
C
D
E
F
G
H
X
IC3
IC9 - A
D23, D30
D24, D25, D31

(a)


A
B
C
IC4-A
9
10
11
12
15
14
13
3
A
B
C
D
B 0
B 1
IC5-A
13
3
9
10
11
12
15
14
8
16
+5 V
IC4-B
7
6
5
4
1
2
8
16
E
F
G
H
+ 5 V
IC8-A
AC8-B
IC8-C
IC8-D
D15
D21
D26
D 1
D 0
D10
D 7

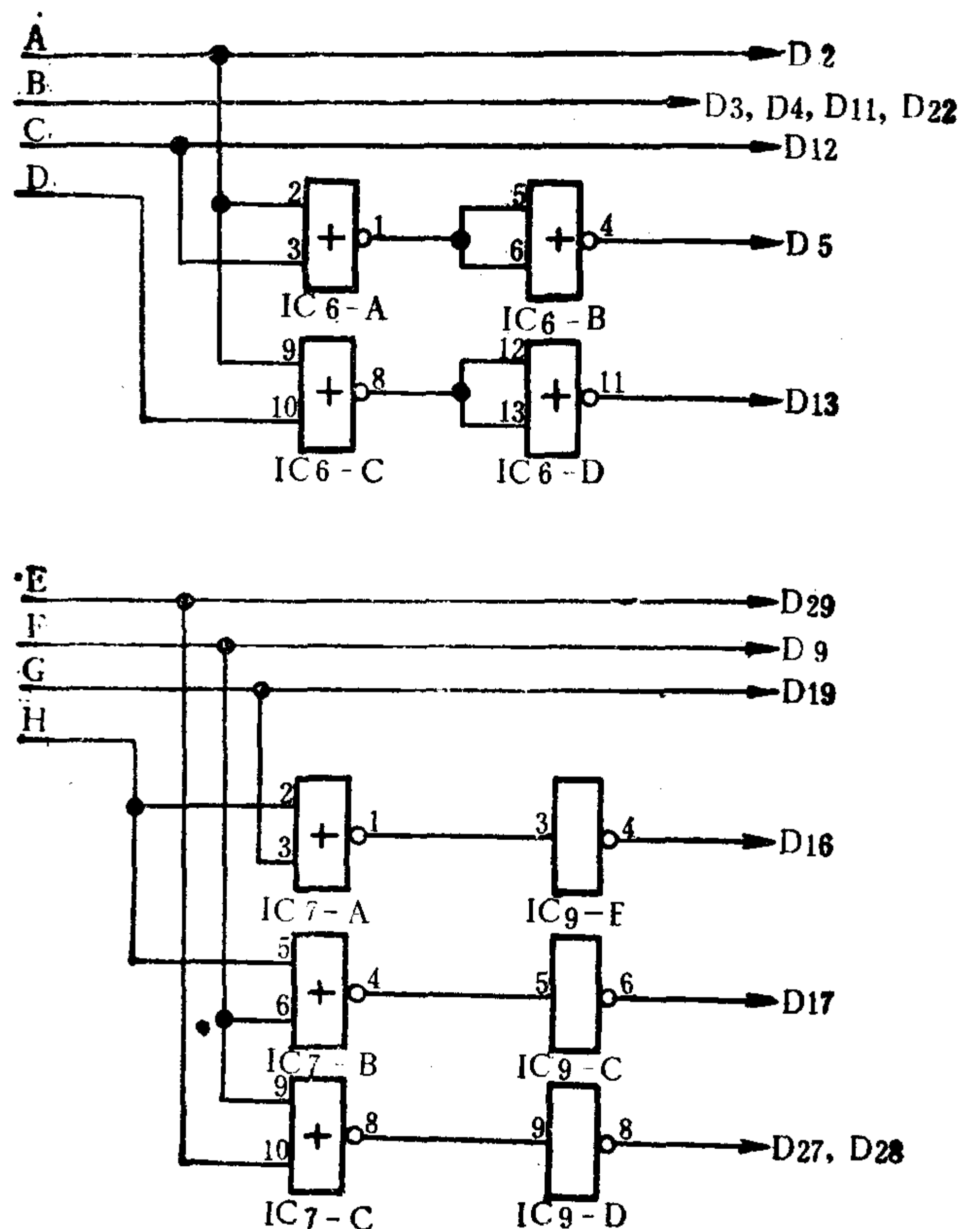
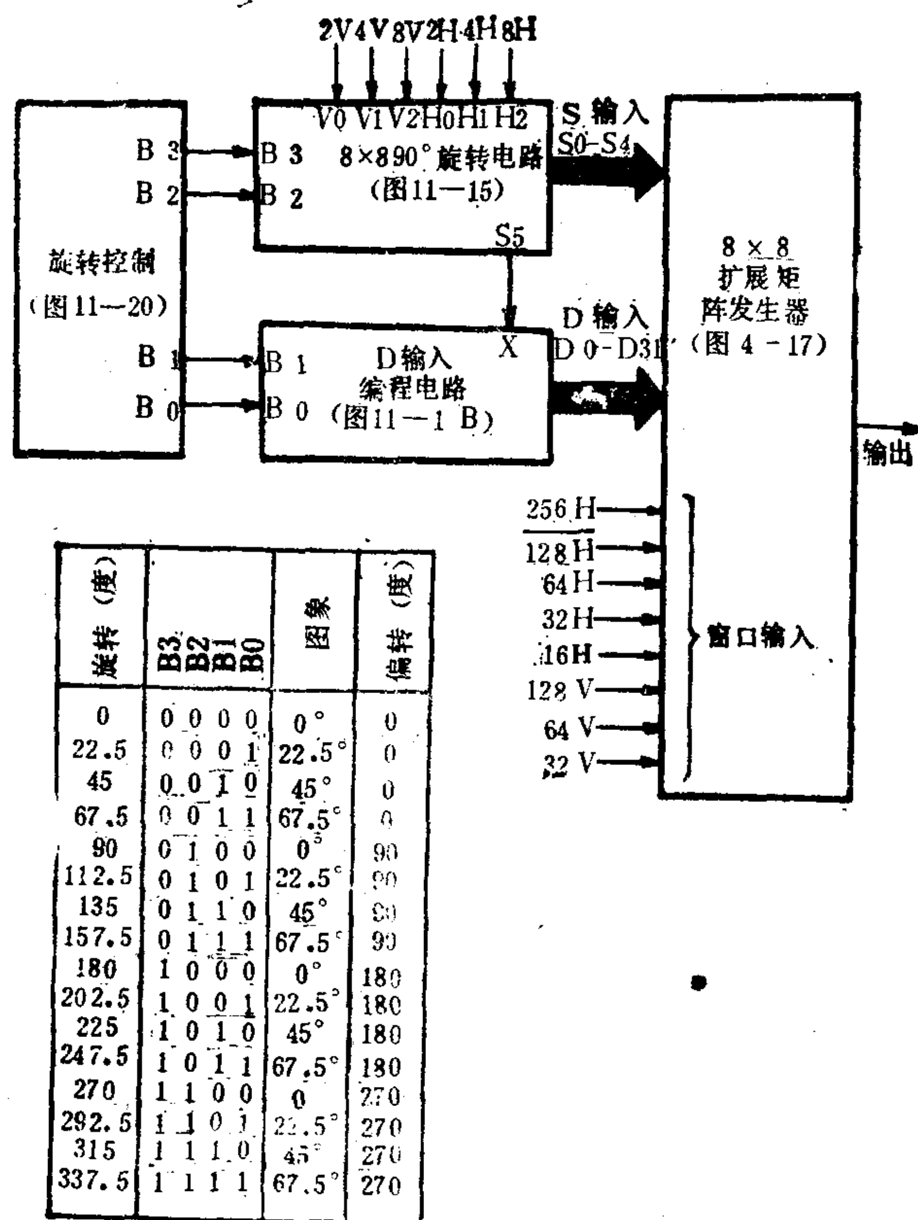


图11-18 产生图11-6 D输入编程电路

现在最重要的问题是将4帧活动图形发生器（图11-18）、图4-17的8×8扩展矩阵发生器以及8×8 90°偏转电路（图11-15）结合在一起。图11-19具体说明这些电路如何结合。如果这一系统与图11-20的控制电路结合，就会得到一个很小的8H×8V的坦克图形。它可以转到16个位置中的任何一个位置，其方向由方向输入端的逻辑电平决定，旋转速度由速率控制器的位置决定。



旋转(度)	B3 B2 B1 B0	图象	旋转(度)
0	0 0 0 0	0°	0
22.5	0 0 0 1	22.5°	0
45	0 0 1 0	45°	0
67.5	0 0 1 1	67.5°	0
90	0 1 0 0	0°	90
112.5	0 1 0 1	22.5°	90
135	0 1 1 0	45°	90
157.5	0 1 1 1	67.5°	90
180	1 0 0 0	0°	180
202.5	1 0 0 1	22.5°	180
225	1 0 1 0	45°	180
247.5	1 0 1 1	67.5°	180
270	1 1 0 0	0	270
292.5	1 1 0 1	22.5°	270
315	1 1 1 0	45°	270
337.5	1 1 1 1	67.5°	270

图11-19 坦克图形以22.5°为增量，从两个方向旋转360°的电路方框图和代码表

任何常见的图形都可用这个电路。90°旋转电路完全不用变动，只需将D输入端编程进行变更就行。当然，这个电路系统可以扩大，以便容纳更复杂和不失真的图形。如果读者觉得图形过于

复杂，难以处理，可以使用可编程只读存储器（PROM）。设计复杂图形并具有良好旋转性能的高档电视游戏机的工程师们，经常使用这种器件。

图形旋转和越过屏幕的运动相结合

到目前为止，前面叙述的所有的活动和旋转，都是假设图形在旋转时，并不越过屏幕运动。但是，在游戏中，我们希望将图形旋转与滑动计数器产生的运动结合起来，增加真实感。

原则上，旋转电路系统按本章所述进行设计。图形的运动是用滑动计数器板上的H和V计数输出信号来获得的，而不是从信号源取得。唯一的困难是使通过屏幕的运动方向与图形旋转的角度一致。

如果图11-16的坦克图形旋转45°，它就应向右上方移动；假如它旋转180°，则应垂直向下运动。

要使图形旋转角度和通过屏幕的运动方向一致，就要将角度代码（图11-20中B3、B2、B1和B0）转换为一组水平或垂直滑动计数器相应的速度和方向代码。

图11-21所示就是这样将角度转换为运动代码的真值表分析。图11-21（a）给出所需的一组旋转角度以及8×8点阵图形所产生的旋转代码。参看图11-13。下一步的任务就是将这些旋转代码与相应的水平、垂直滑动计数器的控制代码联系起来。

通常，我们应先确定这些角度的正弦和余弦值，再从图11-22的表中找出每一个角度接近的速度。角度的正弦值决定垂直速度，余弦值决定水平速度。

图11-21（b）的表是这个转换过程的结果，它采用多路转换器电路来实现。

图11-22是角度-运动转换电路图。图11-23告诉我们转换器与8×8旋转图形及滑转计数器板如何连接。

图11-20　控制坦克或类似的8×8复杂图形的电路

(a)

角度（度）	旋转代码				滑动计数器运动代码							
	B_3	B_2	B_1	B_0	HC 8	HC 4	HC 2	HC 1	VC 8	VC 4	VC 2	VC 1
0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
22.5	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
45	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
67.5	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
90	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
112.5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1
135	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
157.5	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
180	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
202.5	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
225	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
247.5	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
270	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
292.5	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1
315	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
337.5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0

(b) *0° =向上

	8HC	4HC	2HC	1HC	8VC	4VC	2VC	1VC
D0	1	0	0	$\overline{B_2}$	$\overline{B_3}$	$\overline{B_3}$	1	1
D1	B_3	$\overline{B_3}$	1	1	$\overline{B_3}$	1	$\overline{B_3}$	B_2
D2	B_3	1	$\overline{B_3}$	0	$\overline{B_3}$	1	0	1
D3	B_3	1	0	1	$\overline{B_3}$	B_3	1	$\overline{B_2}$
D4	B_3	1	B_3		1	0	0	—
D5	B_3	1	0		B_3	$\overline{B_3}$	1	—
D6	B_3	1	$\overline{B_3}$		B_3	1	0	—
D7	B_3	$\overline{B_3}$	1	—	B_3	1	B_3	—

图11-21　图形旋转角度和越过屏幕运动方向之间关系的真值表分析　(a) 旋转代码和滑动计数器运动代码之间的代码转换表　(b) 滑动计数器速度控制码的汇总，该控制码是数据D的函数，通过D将旋转码转换为控制码

IC1,2,3,4,5,6—74151　8选1数据选择器
IC7—74153　双4选1数据选择器
IC8,9　四2选1数据选择器

图11-22　旋转与滑动计数器速度代码之间的转换电路

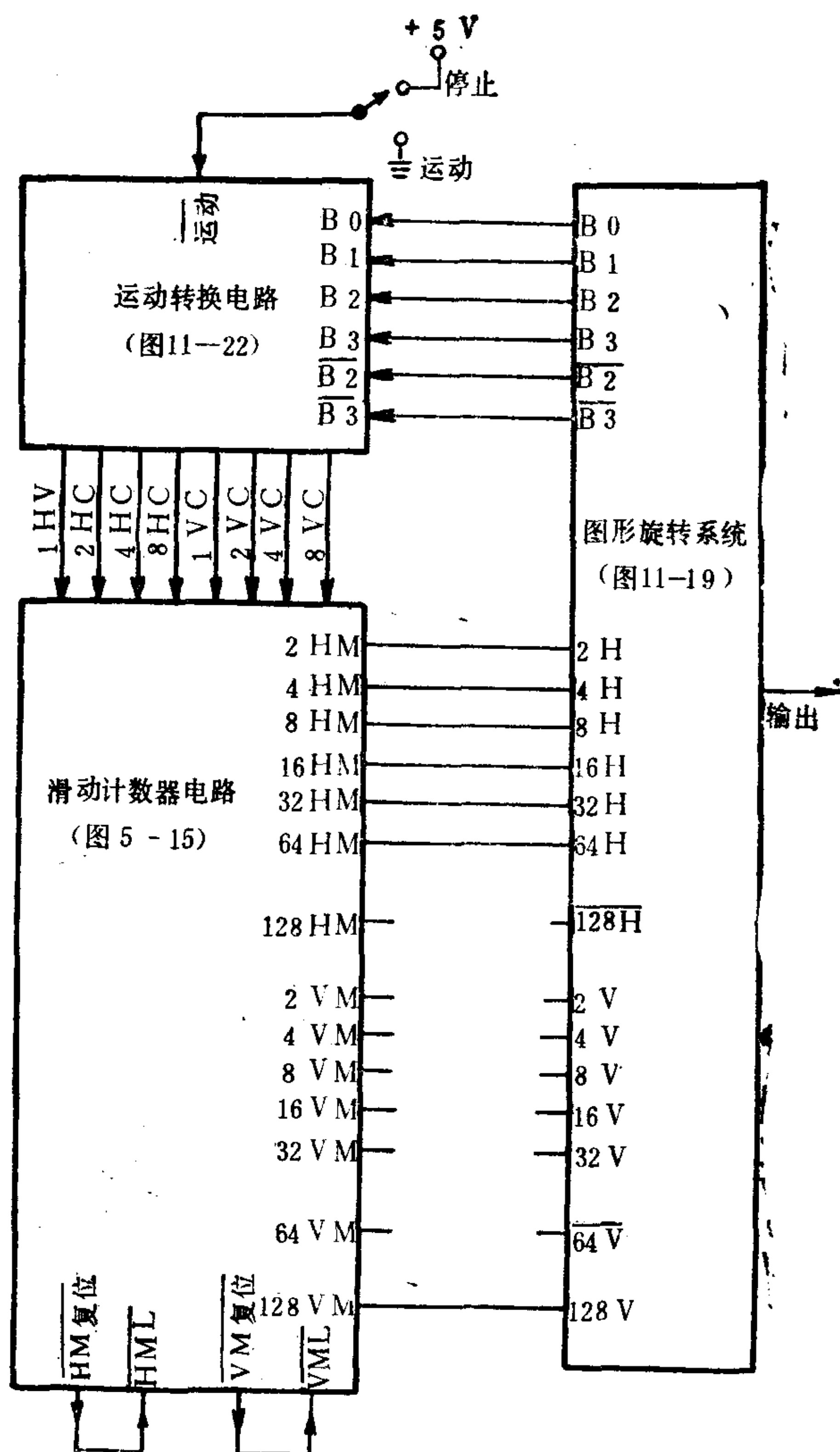


图11-23 运动旋转电路与图形旋转系统及滑动计数器板的连接

使用类似通用位置编程器方法（第八章），可以提供较宽的图形速度范围，只是图形不能太复杂。

第十二章　音响效果

大多数电视游戏机，都具有非常有趣的音响。它们虽然不是游戏机中主要的部分，但却少不了，有了它，可以增加游戏的乐趣。

本章阐述某些声音的产生方法，而不是介绍各种各样具有特定用途的音响发生电路。读者必须掌握音响产生方法，并创造性地应用到需要的地方。

场计数信号产生的音响

图12-1列出音频范围的频率，它们直接来自信号源盒的场记数输出，只要信号源开启，这些音响就会连续出现，为了更好地了解这些信号产生的声音，我们将其中任一个音频信号与信号源盒上的**音频输入**连接，调节音量控制器，使其达到悦耳的程度。

V计数输出	频率(Hz)
1 V	7893
2 V	3945
4 V	1973
8 V	987
16 V	493
32 V	247
64 V	123
128 V	62
256 V	62

图12-1　场计数信号输出的近似频率

电视游戏机很少用无变化的配音。它必须设置开关装置，在适当的时候开启、关闭。图12-2就是用负脉冲控制音响的模拟试验电路。

图12-2的电路基本上是以555型为基础的单稳态多谐振荡器。按下开关S，有一个负脉冲通过电容C，耦合到单稳态电路的触发器输入端，它的第3脚输出逻辑1电平，其时间取决于电容C_2和电阻R_3，是它们乘积的1,1倍。

设定555定时器第3脚输出为逻辑1，2输入与非门打开，使4V信号通过信号源盒中的音频放大器。游戏者可以听到1973Hz的声音。在这种特定的情况下，持续时间为110毫秒。它象乓乒球撞击球板发出的声音。

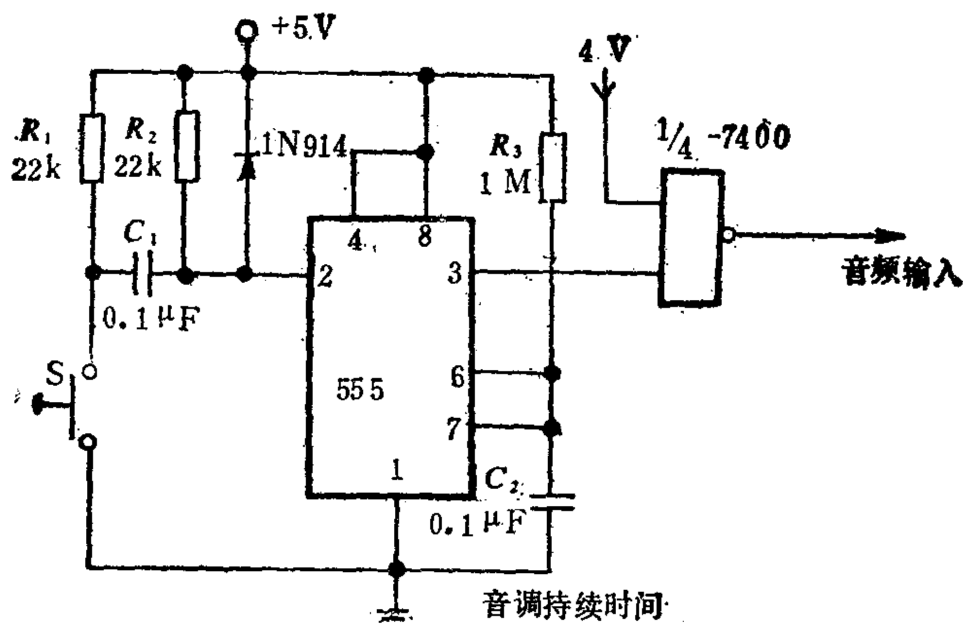


图12-2 控制V-计数信号音调有无的试验电路

声音的持续时间，可以改变 R_3、C_2的电阻电容值进行调节，选用不同的场计数输入，可使声音频率变化。

这个电路完全适用于含有图象-接触操作的各种电视游戏机。大多数操作产生负脉冲，它通过电容C_1电阻R_1与定时器相连。这种情况下开关S通常可以省去。

这个电路，还可以与高尔夫球游戏机第8章的挥棒(SWING)按钮连接，游戏者每一次击中球时发出叮哨的声音。

将这电路接到弹子球游戏机击中（HIT）端，当球从障碍物或球拍弹回时，你也会听到叮哨的声音。

有时我们希望游戏机发出几个频率的叮哨声。例如在屏幕上出现两种游戏情况时，大家想听到同一类型两种不同的声音。图12-3便告诉我们如何实现这一目标。

这个电路基本上是将两个产生叮哨的电路输出相或。A情况出现时，IC1-A开启，4V通过IC2-A和IC2-B进入信号源盒的音频放大器。B情况出现时，IC1-B处于高电平状态，8V通过它进入音频放大器。

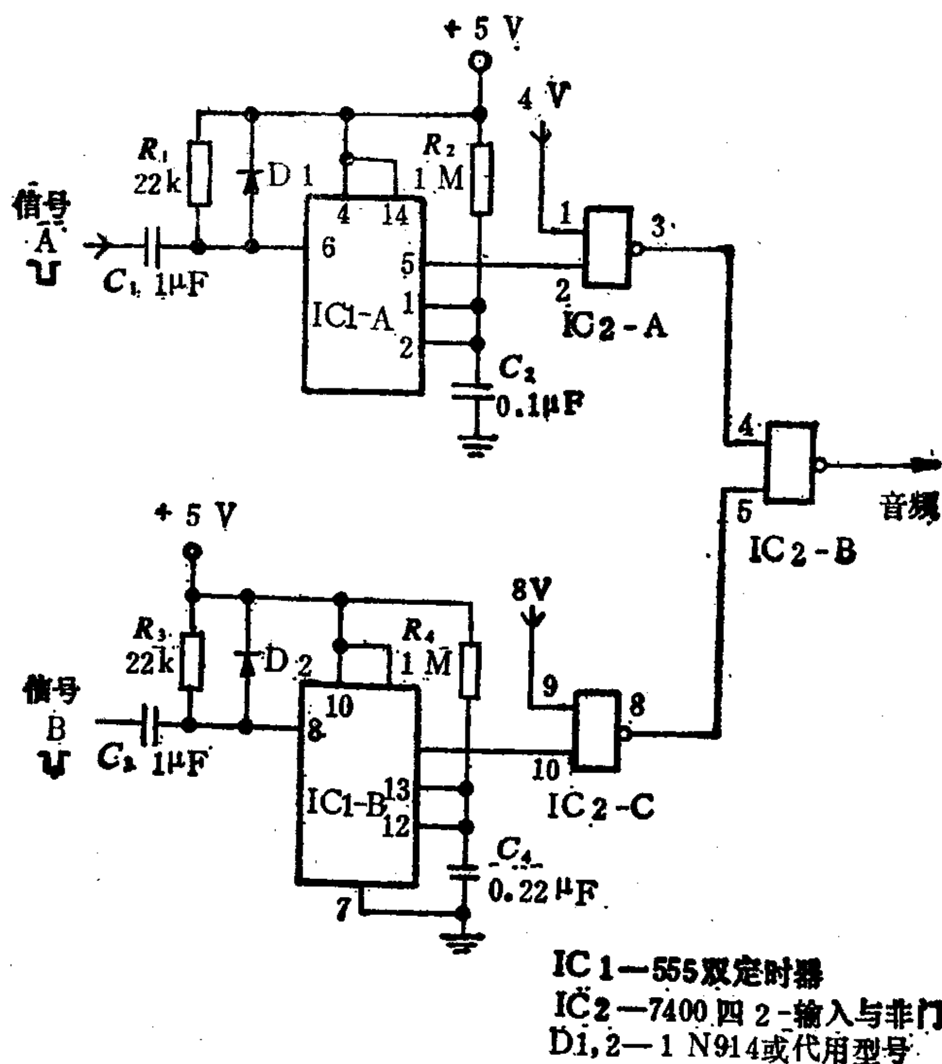


图12-3 不同来源的V-计数信号音调混合电路

在这个具体的实例中，情况A发生时，我们可以听到一个1973赫的声音，持续时间约0.1秒；情况B发生时，产生一个987赫的声音，持续时间约0.25秒。总的音响效果是A发出的叮哨声、音调高、时间短；B发出叮哨声、音调低、时间长。单稳振荡器的定时值和场计数信号，都可以改变，以满足你的需要。

IC2-B的输出将不同的音调有效地相或，用一个4输入与非门代替它，能使该电路响应四种不同的情况，把不同的音调和音调持续时间合成一个节奏。

的嗒的嗒声

宇宙游戏和光电枪的声音不大，但很神秘。它不能用单一的场计数信号源产生，但可以在两个不同声调的信号源之间快速交换，混合输出来实现。请看图12-4的例子。

图12-4中的IC1-A连成一个多谐振荡器电路。振荡器的频率由电阻R_2、R_3和电容C_2的值确定。在这个具体的例子中，频率大约是4赫。这个电路确定了“的嗒的嗒”的频率。

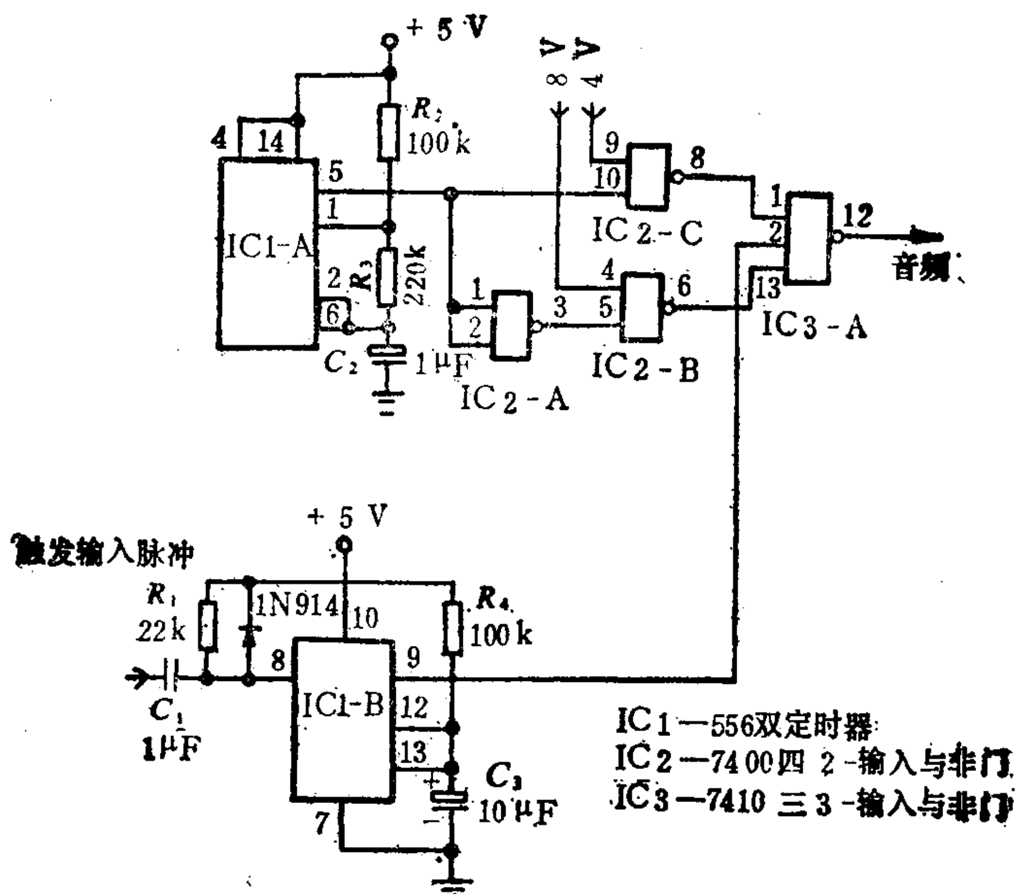


图12-4 用场计数信号产生“的嗒的嗒”声的电路

IC1-A的输出交替地打开与非门IC2-C和IC2-B。IC1-A的输出为逻辑1时，IC2-C打开，4V频率由此通过。但IC2的反相作用使IC1-A输出的逻辑1变为0时，IC2-B关闭。当IC1-A的输出为0时，情形就反过了，IC2-B门打开，8V信号通过，IC2-C关闭。

除非IC3-A第2脚输入逻辑1电平使其打开外，以上频率都不会在电路的声频输出端出现。第2脚输入的信号来自IC1-B。

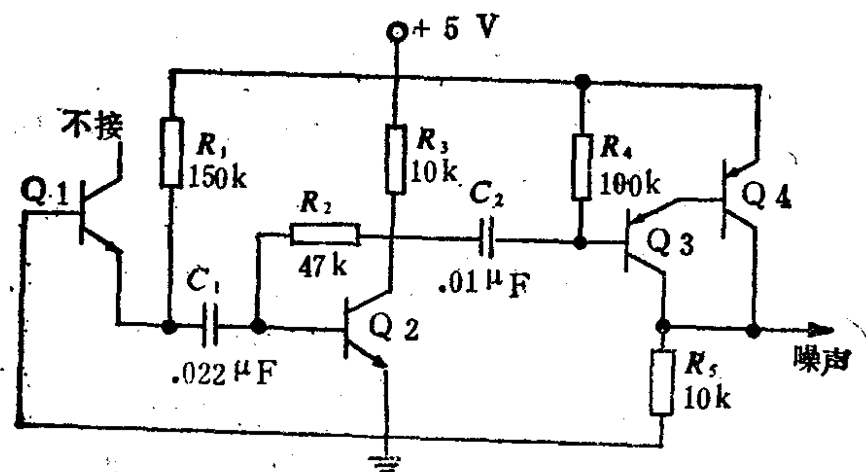
IC1–B连成一个单稳振荡器，只有当需要的触发脉冲出现时处于定时状态。当游戏者按下光电枪的板机时，上述情况就会产生。在任何情况下，电容C_1上的负脉冲使IC1–B定时开始，并让"的嗒的嗒"声通过IC3–A，进入声频放大器。IC1–B的定时时间由R_4C_3的数值决定。本例中的时间大约是1秒。这个电路通常是无声的，但当扣动板机以后，IC1–B将输出1秒钟的嗒的嗒的声音。

我们从这个简单的电路，可以获得各种各样的音响。在IC2–C和IC2–B加上不同对的V计数输入，可以交替地出现各种频率的"的嗒"声。它的速率随R_2，R_3，C_2，值的改变而改变，可用实验确定。它的持续时间，可以调节R、C_3的值进行修正。

不用场计数信号源产生声音

电视游戏机里，听到最多的一些声音是由噪声或静电干扰声形成的。射击和爆炸就是两个最好的例子。

图12-5是一个噪声发生器电路。这种噪声（或干扰）是晶体管Q1的发射极–基极结反向击穿产生的。击穿电流由电阻R_1控制在安全范围内，晶体管集电极结没有用。它产生的噪声通过晶体



Q1,2—小功率NPN低频晶体管
Q3,4—小功率或中功率PNP低频晶体管

图12-5 基本的爆破效果噪声发生器

管Q2放大后，再进一步由Q3和Q4放大，并调整到TTL逻辑电平。

因为这个电平连续不断地产生噪声，它的输出由一个控制电路控制，从而产生爆破或枪响的效果。图12-6是两种噪声控制电路。

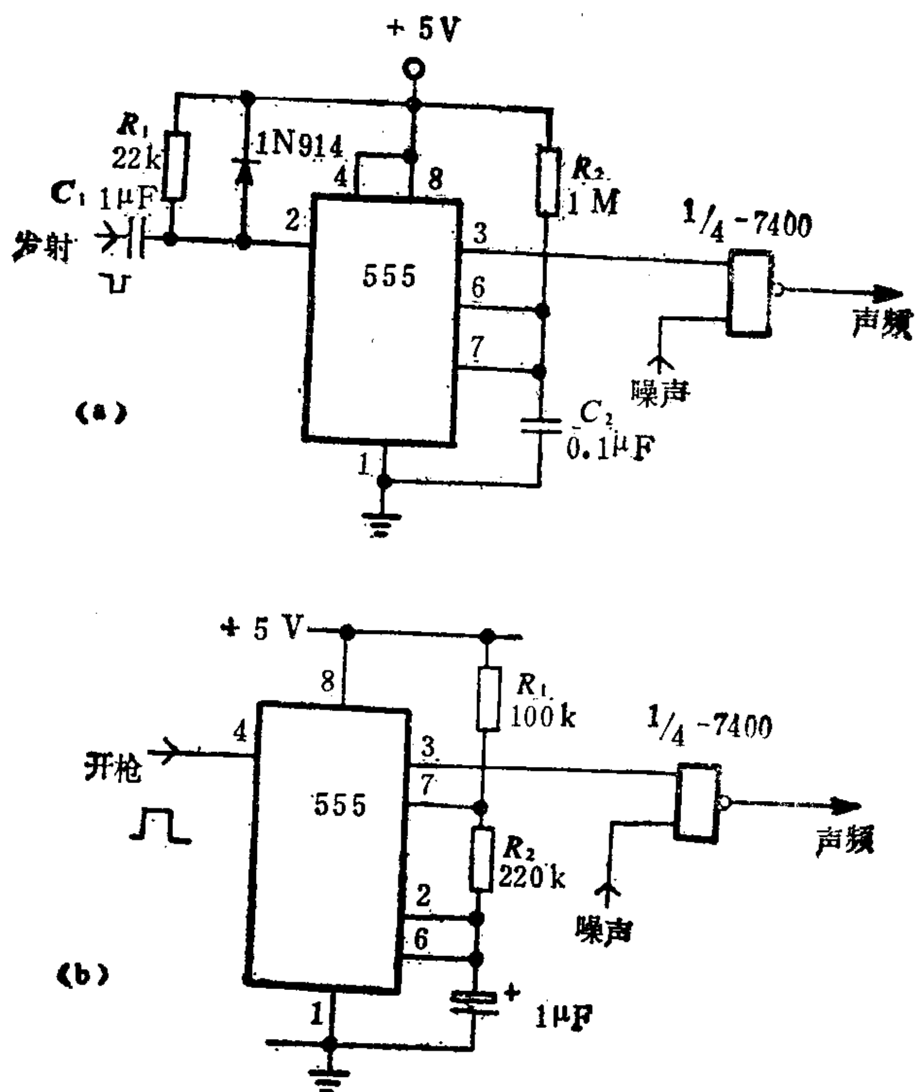


图12-6 噪声控制电路

(a) 单发射击或爆破 (b) 机枪音响效果

图12-6 (a) 上的电路，是用一个简单的单稳多谐振荡器，来控制噪声信号输入音频放大器的时间。当**射击**(SHOOT)输入端有负向脉冲输入时，单稳电路便处于定时状态。正向定时脉冲从555定时器第3脚输出，打开与非门，从而使噪声信号通过

原始信号单元的声频放大器。

单稳电路保持定时状态的时间由R_2和C_2的数值决定。在这个具体例子中，定时时间大约是0.1秒。每次在输入端出现负向脉冲时，它就产生单发射击的声音。

R_2值增加，可以使爆破声的持续时间增加，从而获得炸弹爆炸的音响效果。

图12-6(b)的电路可以产生机枪射击的声音。噪声信号的通断由一个频率为4Hz的自由多谐振荡器控制。只要**开火**(FIRE)输入端处于逻辑1电平，它就使与非门以4Hz的频率开闭，最后产生不连续的机枪射击声。射击声的速度，可以通过改变R_1的值或R_2的值，以及同时改变R_1，R_2的值进行调节。

游戏机的另一种音响源是利用一种简单的数字/模拟（D/A）转换电路。它将数字信号转换为模拟电压，然后利用这些模拟电压产生各种频率的音调。这个电路可以产生嗡嗡声，它的音调随图象在屏幕上移动的速度而改变，或者产生炸弹降落时的啸叫声。

图12-7是两个基本的数字模拟转换电路。它们分别由一个梯形电阻网络组成，图12-7（a）上较大的梯形网络，可以在P0到P7的输入端接收八位数字；而图12-7(b)的比较简单的电路只能转换四位数字。

在任一情况下，电阻R_3R_4连接处的电压，与加在P输入端上的二进制数码的值成正比。它们确定555型自由多谐振荡器的频率，555型振荡器的**音调**（TONE）输入控制声音的通断，当**音调**输入为逻辑1时，音频输出**音频**端有声音输出；**音调**输入为逻辑0时，将没有声音。R_1、R_2和C_1的数值确定电路的频率范围。这些数值越大，声音越低。梯形网络的P输入决定**音频**端输出的频率范围。555型定时器CV输入端的模拟电压与加在P输入端的二进制码的大小成正比；而选择的频率却与二进制码成反比。二进制码值越大，声音越低。

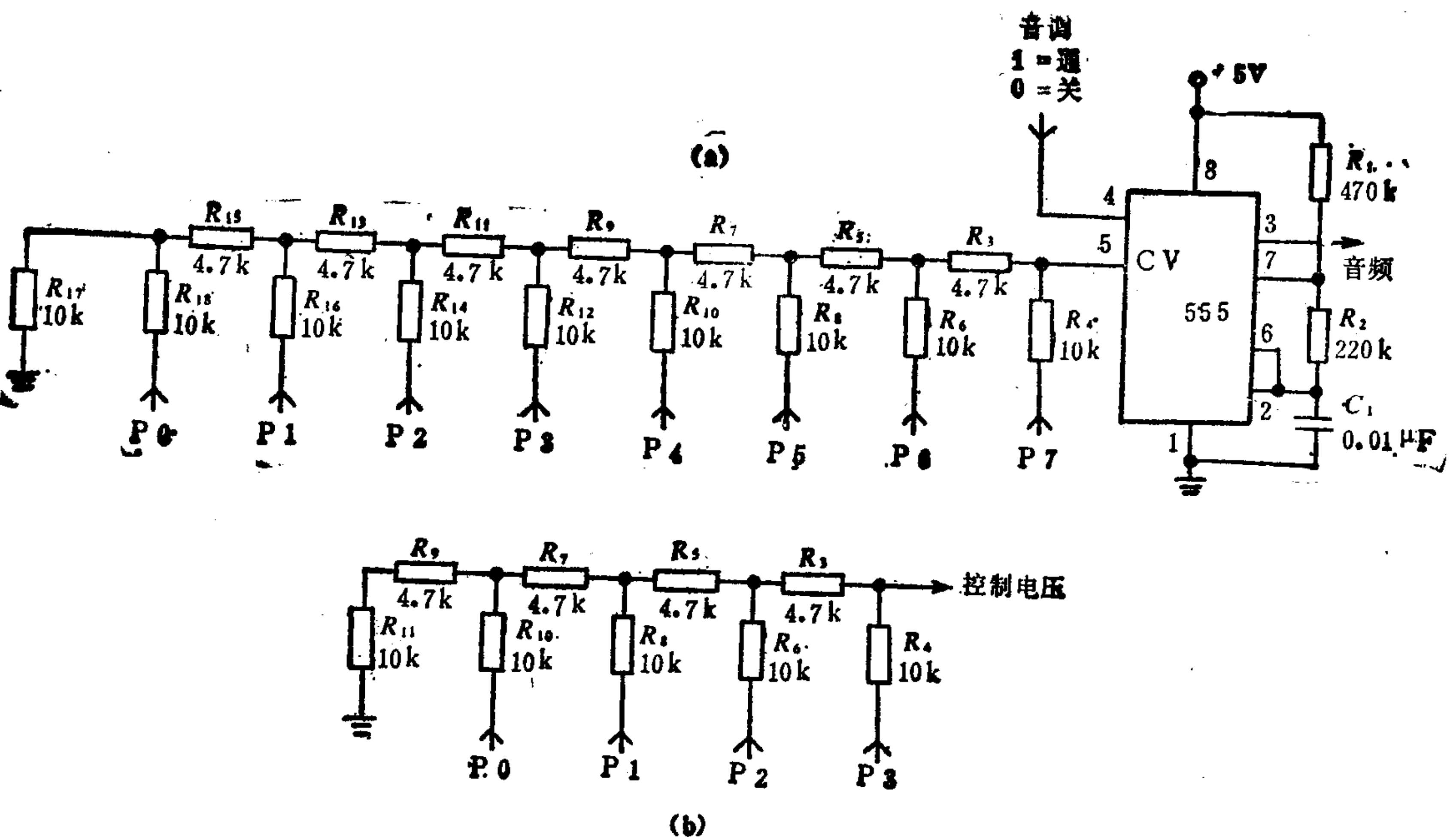


图12-7 用计数信号产生音响效果的电路

(a) 8位计数信号源输入和振荡器 (b) 用于4位计数信号源的变换器

假定图12-7（a）中八个输入端与一个8位二进制计数器相连接。当计数器加计数时，声调往下降低；而计数器减计数时，声调往上升高。图12-8是一个简单的带声调发生器的实验电路。74191计数器的输出，直接与图12-7电路的P输入端连接。

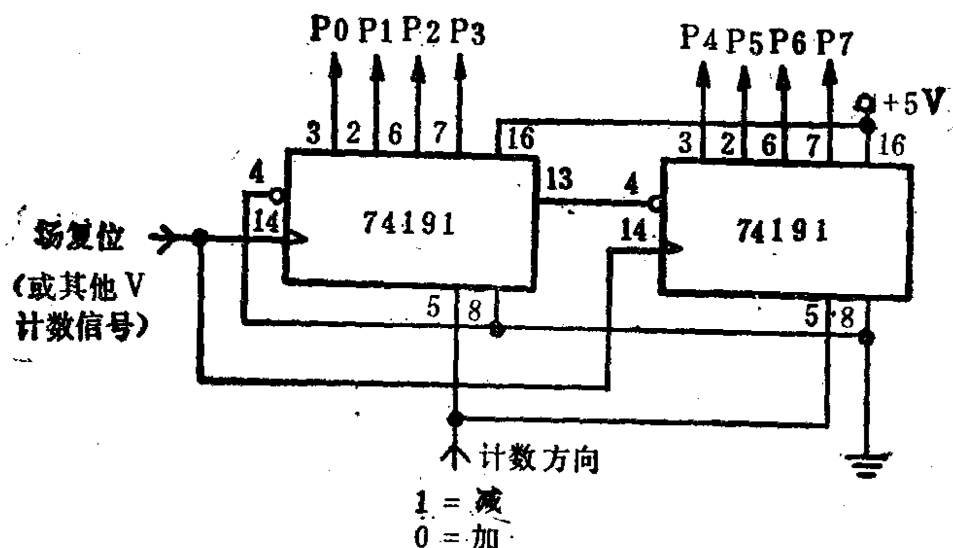


图12-8　产生图12-7（a）汽笛声效果的8位计数器

将图12-7（a）和图12-8的电路结合在一起，可以产生很多有趣的音响。读者自己可以去实验。这些音响对电视游戏很有用，图12-7（b）中较小的数模转换器，特别适用于将滑动计数器电路的4位VC或HC输入转换为声频音调。它只需要将图12-7（b）中简单的电阻网络代替图12-7（a）中复杂电阻网络，然后将四个P输入端接滑动计数器的VC或HC就行。调整R_1和C_1的值，从而获得最适合于游戏机的频率范围。

附录 I　二进制输出

H或V计数输出									十进制等效值	
256	128	64	32	16	8	4	2	1		
										←H和V消隐开始
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	←V同步开始
0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	
0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	
0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	
0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	←V同步结束
0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	
									⋮	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	15	←V消隐结束
0	0	0	0	1	0	0	0	0	16	
									⋮	

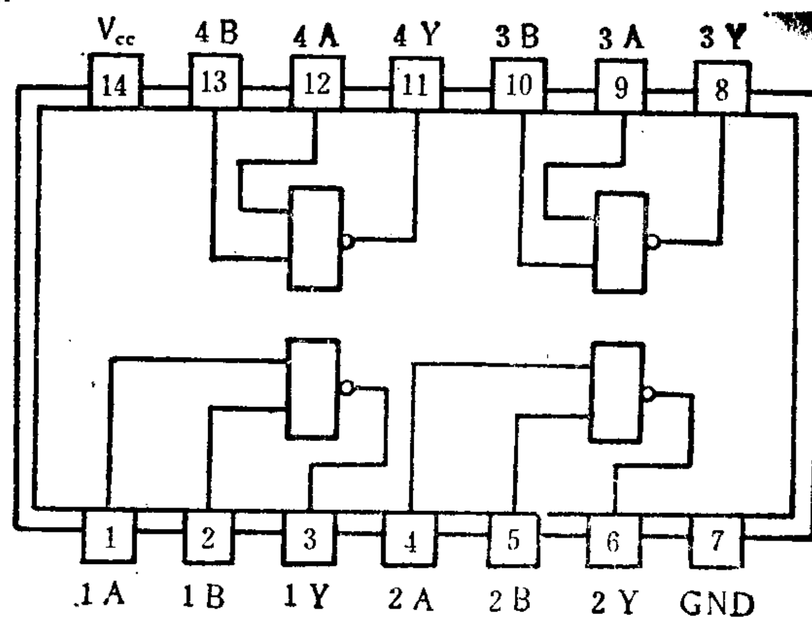
0	0	0	0	1	1	1	1	1	31	←H同步开始
0	0	0	1	0	0	0	0	0	32	
									⋮	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	63	←H同步结束
0	0	1	0	0	0	0	0	0	64	
									⋮	
0	0	1	0	0	1	1	1	1	79	←H消隐结束
0	0	1	0	1	0	0	0	0	80	
									⋮	
0	1	0	1	0	0	0	1	1	163	←V中点,
									⋮	
1	0	0	0	0	1	0	1	0	266	←H中点,
									⋮	
1	0	0	1	1	0	1	0	1	309	←V消隐开始
1	0	0	1	1	0	1	1	0	310	
									⋮	
1	1	1	0	0	0	1	0	1	453	←H消隐开始
1	1	1	0	0	0	1	1	0	454	

附录Ⅱ　数字集成电路

7400　四2输入与非门

正逻辑

$Y=\overline{AB}$

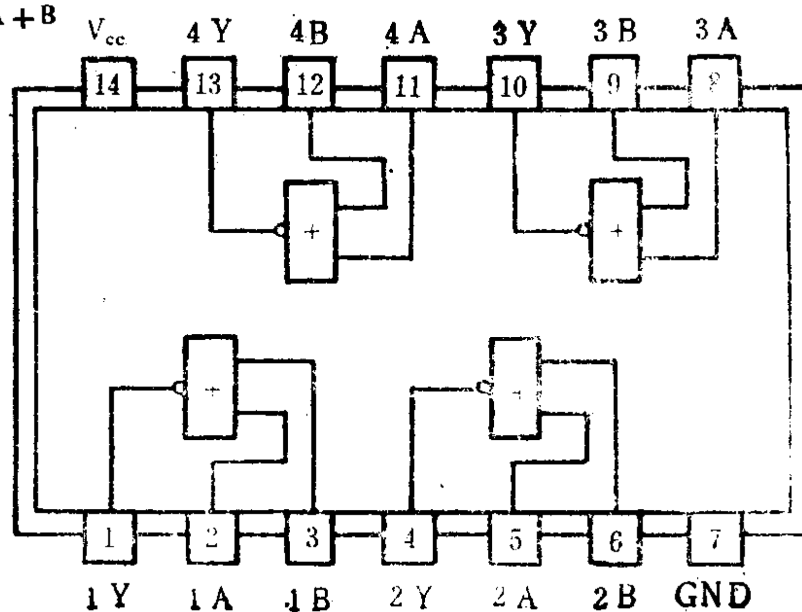


7400顶视图

7402　四2输入或非门

正逻辑

$Y=\overline{A+B}$

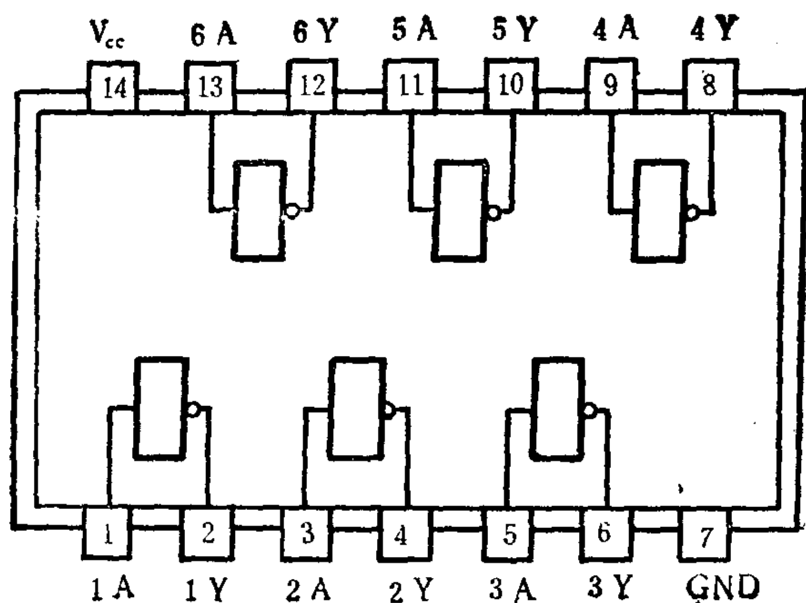


7402顶视图

7404　六反相器

正逻辑

Y=.

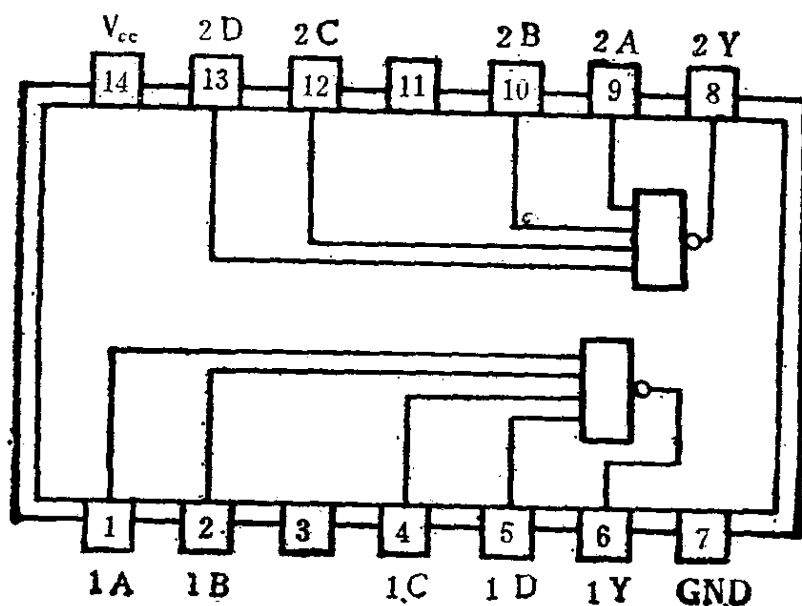


7404顶视图

7420　双4输入与非门

正逻辑

Y=ABCD

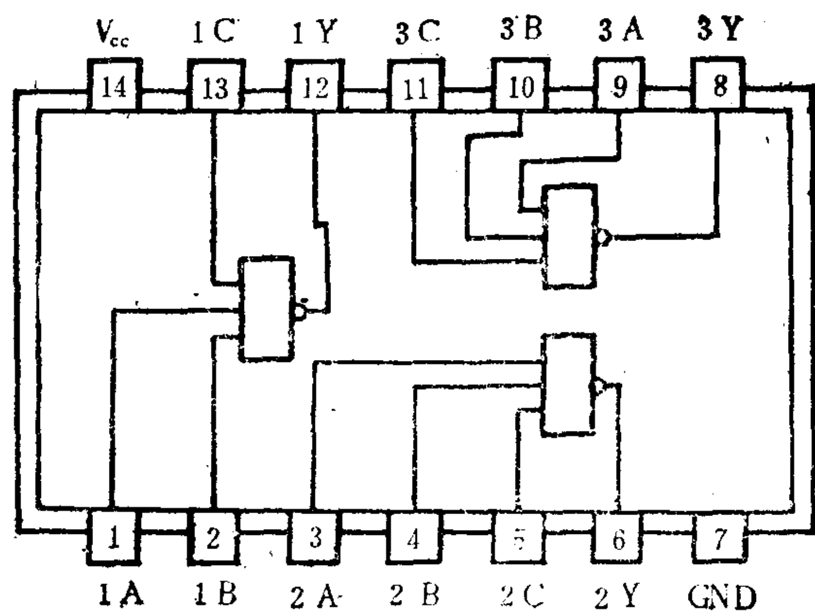


7420顶视图

7427 三3输入或非门

正逻辑

Y=A+B+C

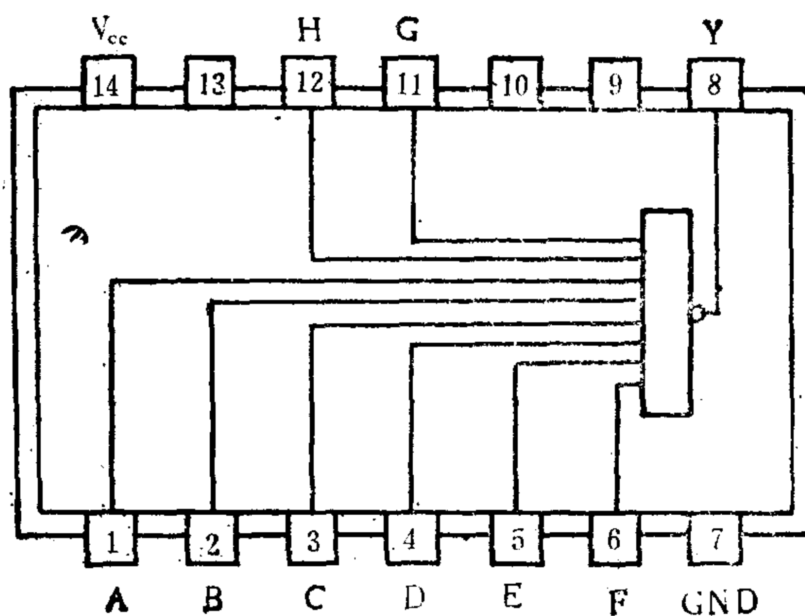


7427顶视图

7430 8输入与非门

正逻辑

Y=ABCDEFGH



7430顶视图

7448 BCD-七段译码器

它的特点是高电平作用输出,有内部上拉电阻,不需要外接电阻。具有全串行消隐输入/输出控制端和一个灯测试输入端。

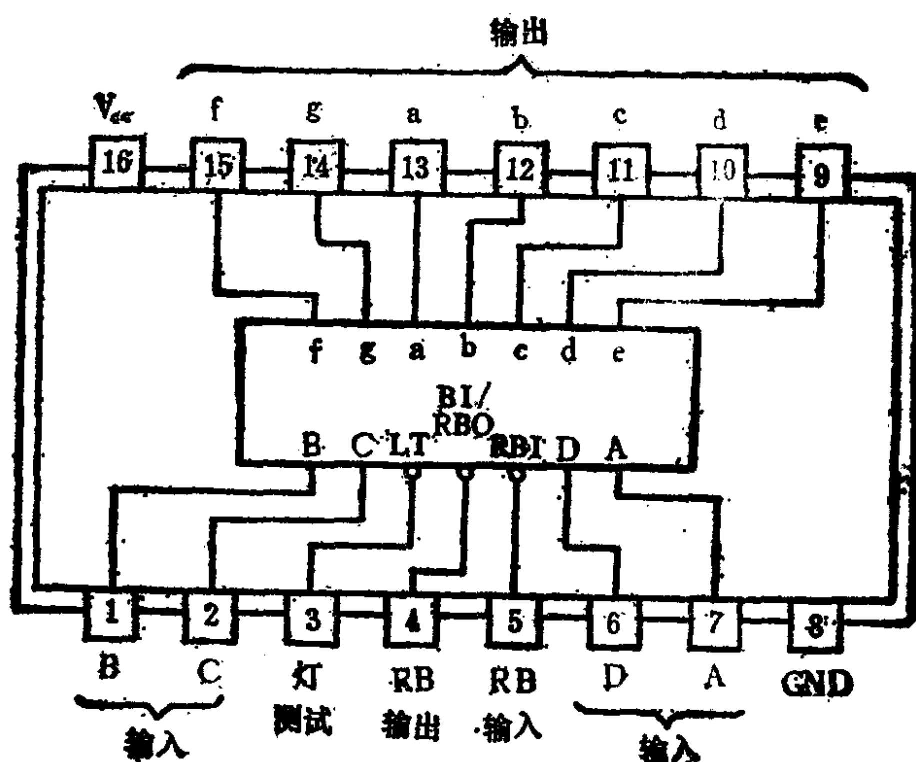
注:1.当要求输入功能为0～15项时,消隐输入(BI)必须开路或处于高电平。如果不要求消隐十进制零则串行输入(RB_I)必须开路或处于高电平。

2.当低电平直接加到消隐输入端(BI)时,所有各段输出均被切断,且与其它输入端电平无关。

3.当串行消隐输入(RBI)和A、B、C、D输入端均处于低电平,且灯测试端为高电平时,所有各段输出均被切断,串行消隐输出(RO)均变为低电平(响应条件)。

4.消隐输入/串行消隐输出端(BI/RBO)开路或保持高电平,而灯测试输入端有低电平时,所有各段输出均为导通状态。

BI/RBO是线"与"逻辑,起着消隐输入(BI)和/或串行消隐输出(RBO的作用。

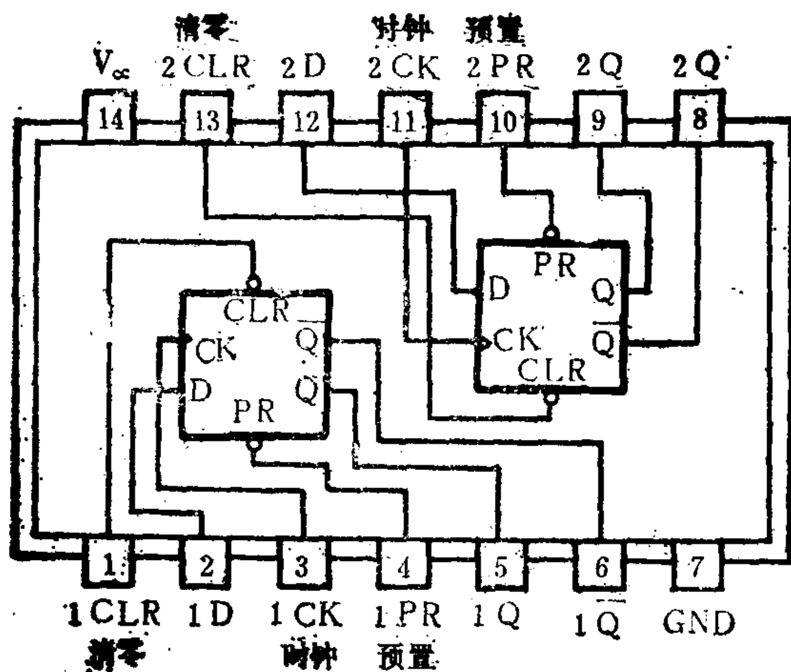


7448顶视图

功能表

十进制或功能	输入端						BI/RBO	输出端							注解
	LT	RBI	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	X	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	
1	H	X	L	L	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	
2	H	X	L	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	
3	H	X	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H	
4	H	X	L	H	L	L	H	L	H	H	L	L	H	H	
5	H	X	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	H	
6	H	X	L	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	
7	H	X	L	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	
8	H	X	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	1
9	H	X	H	L	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	
10	H	X	H	L	H	L	H	L	L	L	H	H	L	H	
11	H	X	H	L	H	H	H	L	L	H	H	L	L	H	
12	H	X	H	H	L	L	H	L	H	L	L	L	H	H	
13	H	X	H	H	L	H	H	H	L	L	H	L	H	H	
14	H	X	H	H	H	L	H	L	L	L	H	H	H	H	
15	H	X	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	
BI	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	2
	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	4

7474 双D触发器



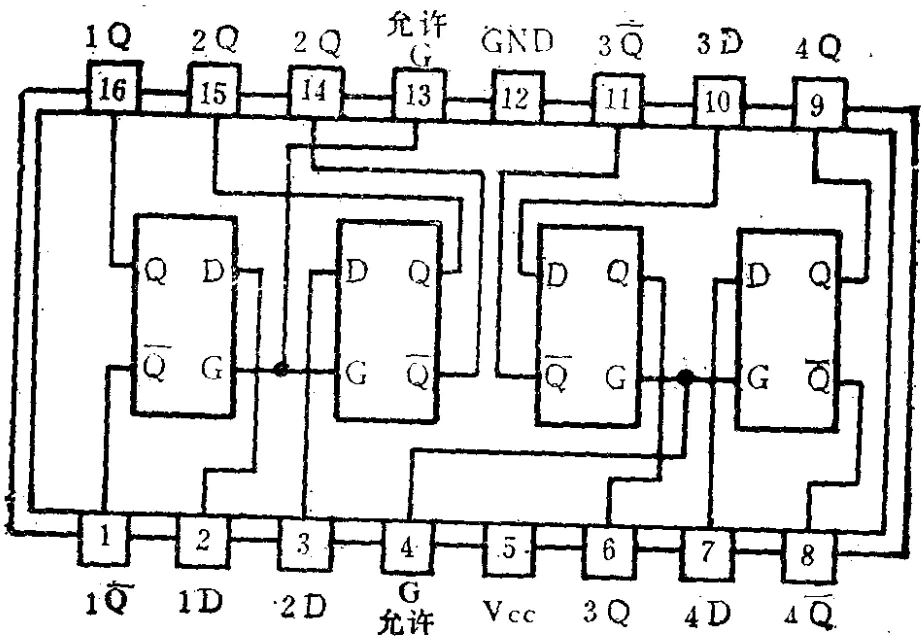
7474顶视图

功能表

输入				输出	
预置	清零	时钟	D	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	1	H	H	L
H	H	1	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	$\overline{Q}_0$

7475 四D锁存器

它最适合于用作处理部件和 输入/输出 或显示部件之间的二进制数据暂存器。当允许端(G)为高电平时，来到(D)数据输入端的信息传输到Q输出端，并且只要允许端保持高电平，输出Q将跟随数据输入。当允许端变为低电平时，信息(跳变时存在于数据输入端的数据)将保留在Q输出端上，直至允许端跳变到高电平时为止。



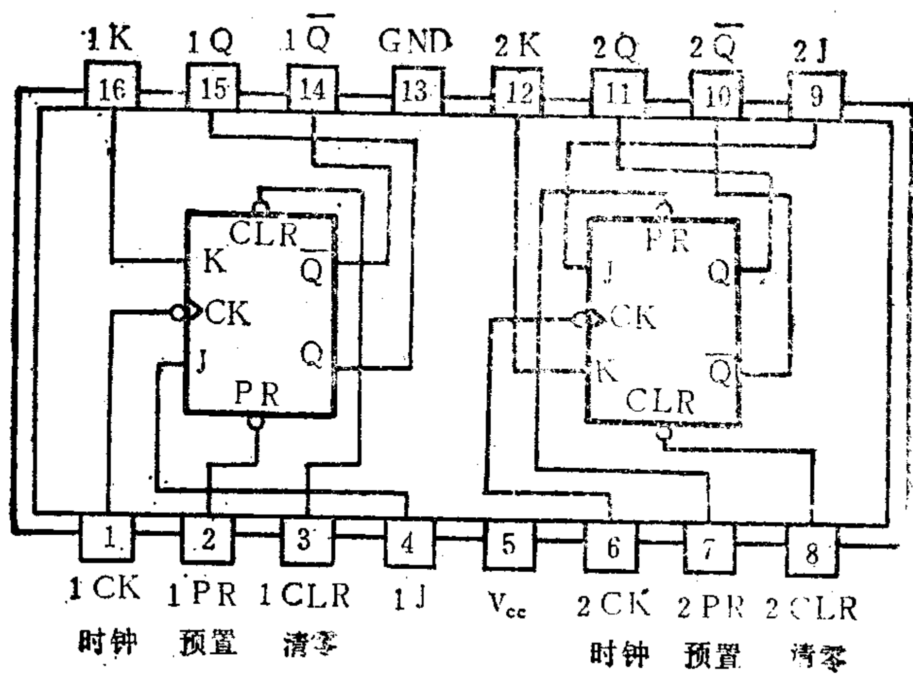
7475顶视图

功能表
(每个锁存器)

输入		输出	
D	G	Q	$\overline{Q}$
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	Q_0	$\overline{Q_0}$

Q_0为G由高到低跳变前Q的电平

7476 双J-K触发器



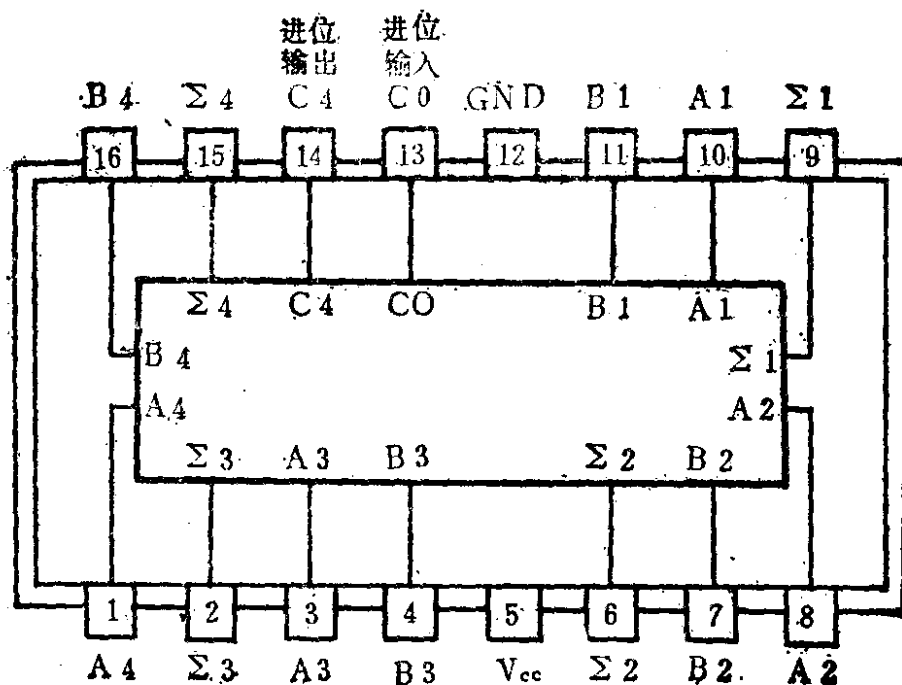
7476顶视图

功能表

输入					输出	
预置	清零	时钟	J	K	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
L	L	X	X	X	H*	H*
H	H	⎍	L	L	Q_0	$\overline{Q}_0$
H	H	⎍	H	L	H	L
H	H	⎍	L	H	L	H
H	H	⎍	H	H	反转	

7483 4位二进制全加器

对每一位提供和(Σ)的输出，从第四位得到最后的进位(C_4)。



7483顶视图

7485 4位量值比较器

4位量值比较器能进行直接的二进制码和直接的BCD(8-4-2-1)码的比较。对两个4位字(A B)形成三个已全被译码的比较结果信息，并在外部三个输出端输出。可在不需要外加门电路的情况下扩展到任意位数。较长的字可将比较器级联起来进行比较。级联时，将处理较低有效数位这一段的输出端A＞B、A＜B和A＝B连接到下一段处理较高有效数位的相应输入端A＞B、A＜B和A＝B，而处理最低有效数位的一段的输入端A＝B必须取高电平。

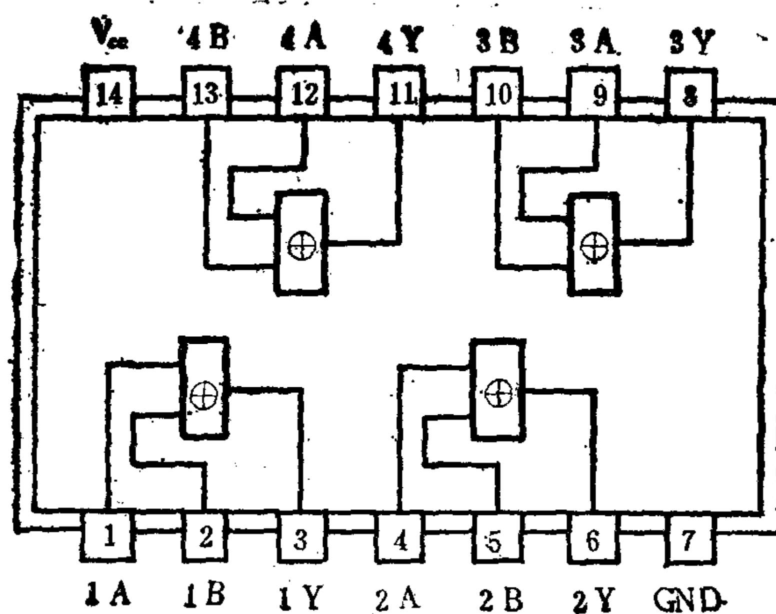


7485顶视图

功能表

比较输入端				级联输入端			输出端		
A3，B3	A2，B2	A1，B1	A0，B0	A>B	A<B	A=B	A>B	A<B	A=B
A3>B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3<B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2>B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2<B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1>B1	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1<B1	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0>B0	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0<B0	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	L	L	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	H	L	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	L	H	L	L	H

7486　四2输入异或门



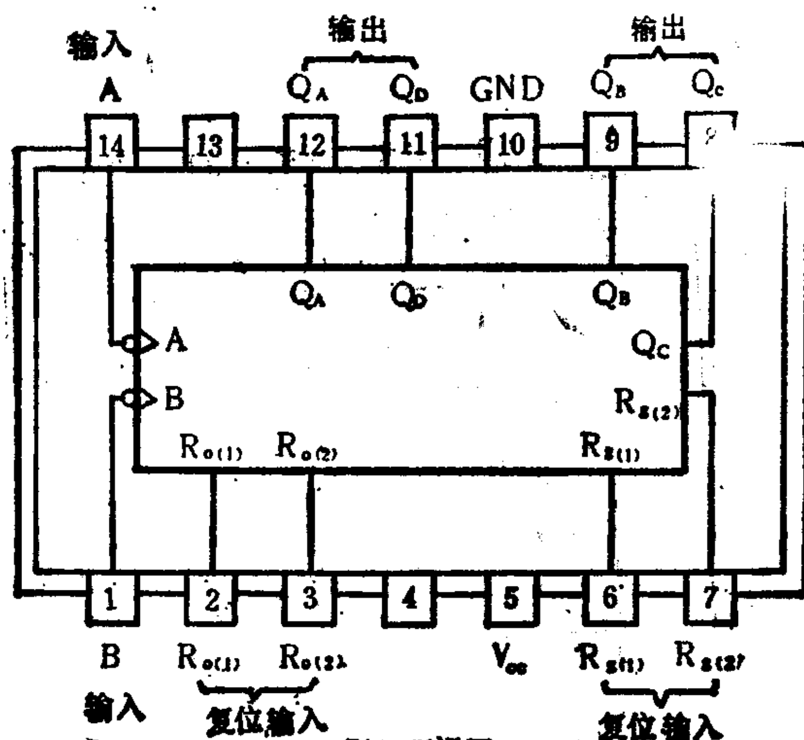
7486顶视图

功能表

输入		输出
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

7490 十进制计数器

对BCD计数，输出Q_A连接输入B。对二·五混合进制计数，输出Q_D连接输入A。



7490顶视图

BCD计数时序

计数	输出端			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

输出Q_A连接输入B

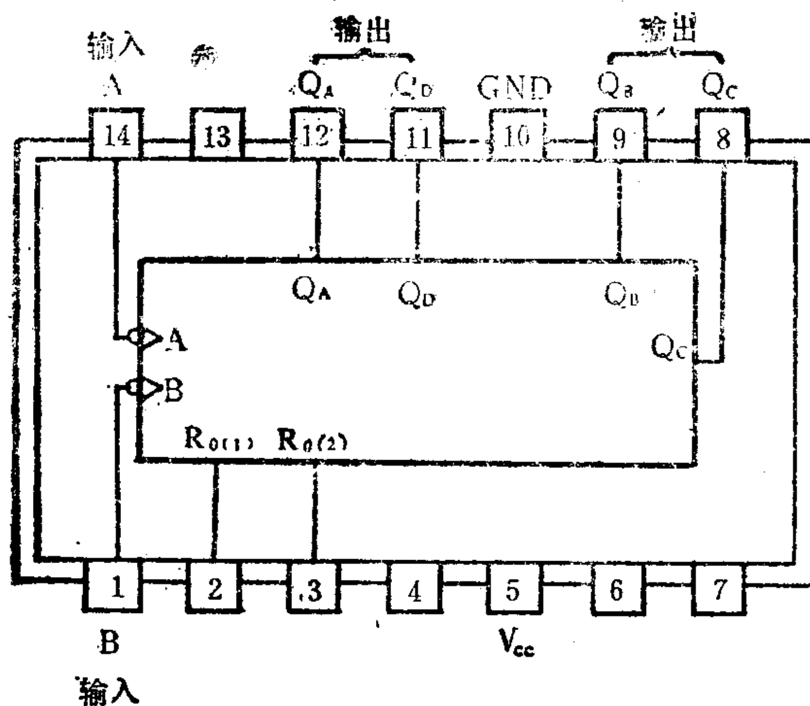
二-五混合进制

计数	输出端			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

输出Q_D连接输入A

7493 4位二进制计数器

输出QA连接输入B



7493顶视图

计数时序

计数	输出端			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

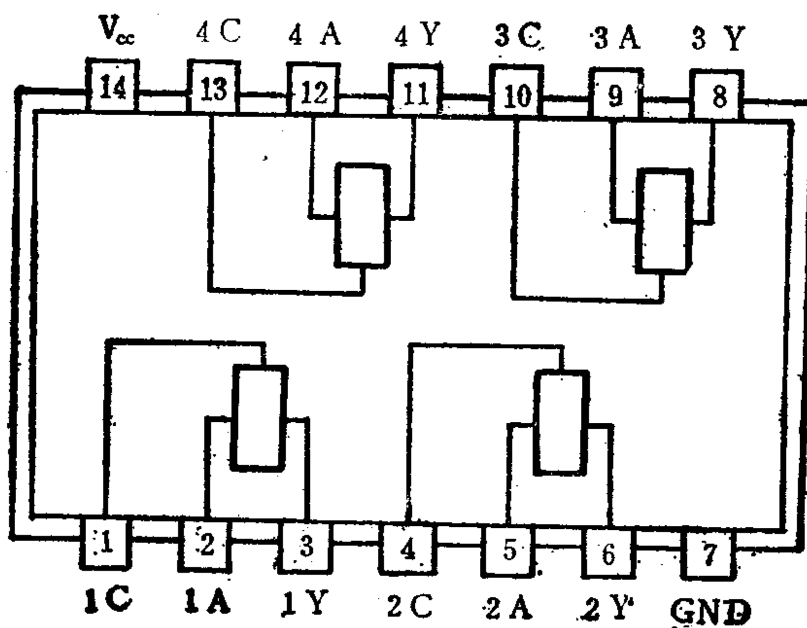
输出Q_A连接输入B

74125 四三态输出缓冲门

正逻辑

Y=A

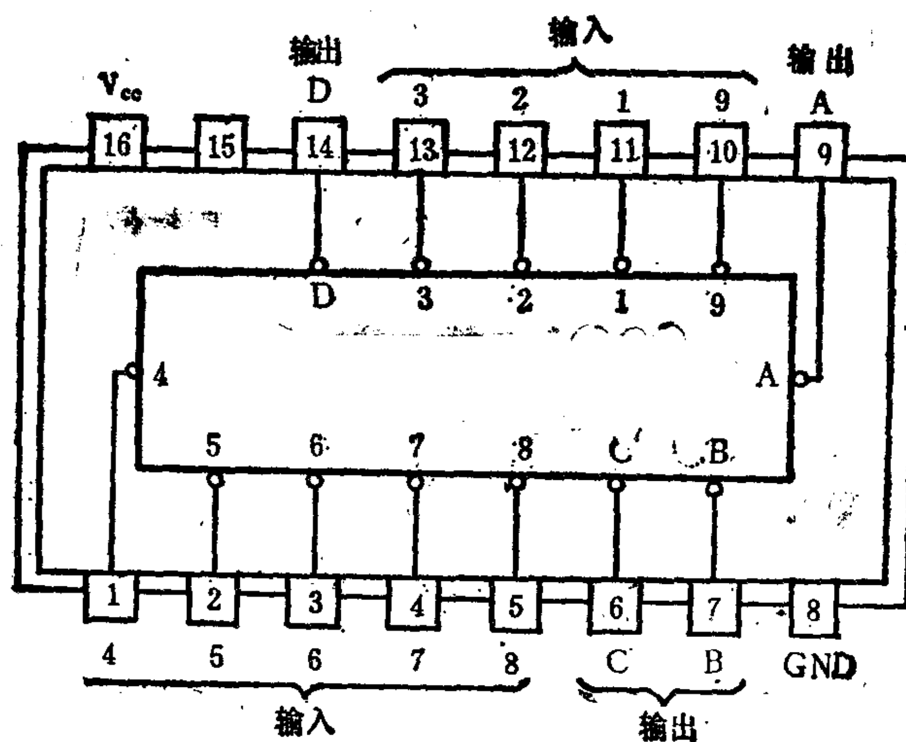
C为高电平时输出截止（禁止）.



74125顶视图

74147 10-4线编码器

它对九条数据线到BCD四条进行编码。当所有九条数据线均为高电平时，编码出现十进制0，不需要单独设置0输入端。



74147顶视图

功能表

输入端									输出端			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

74150 16选1数据选择器

数据输入端

Vcc 24, 8 23, 9 22, 10 21, 11 20, 12 19, 13 18, 14 17, 15 16

数据选择

S0 15, S1 14, S2 13

D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 S0 S1

D7 S2

D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0 CE M S3

1 7, 2 6, 3 5, 4 4, 5 3, 6 2, 7 1, 8 0

数据输入端

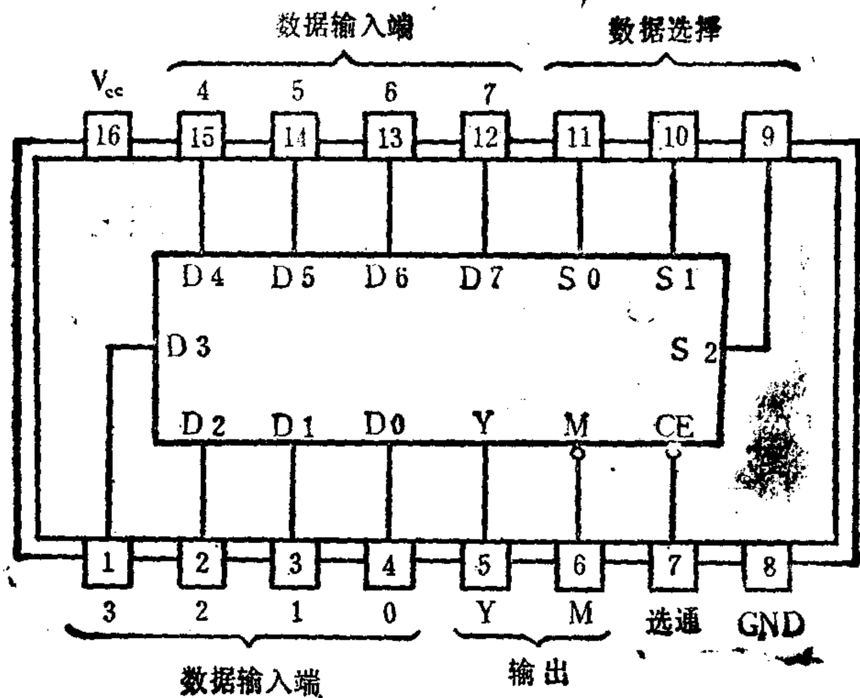
9 CE 选通, 10 M 输出, 11 S3 数据选择, 12 GND

74150顶视图

功能表

输入端					输出
选择				选通	
S3	S2	S1	S0	CE	M
X	X	X	X	H	H
L	L	L	L	L	$\overline{D0}$
L	L	L	H	L	$\overline{D1}$
L	L	H	L	L	$\overline{D2}$
L	L	H	H	L	$\overline{D3}$
L	H	L	L	L	$\overline{D4}$
L	H	L	H	L	$\overline{D5}$
L	H	H	L	L	$\overline{D6}$
L	H	H	H	L	$\overline{D7}$
H	L	L	L	L	$\overline{D8}$
H	L	L	H	L	$\overline{D9}$
H	L	H	L	L	$\overline{D10}$
H	L	H	H	L	$\overline{D11}$
H	H	L	L	L	$\overline{D12}$
H	H	L	H	L	$\overline{D13}$
H	H	H	L	L	$\overline{D14}$
H	H	H	H	L	$\overline{D15}$

74151 8选1数据选择器

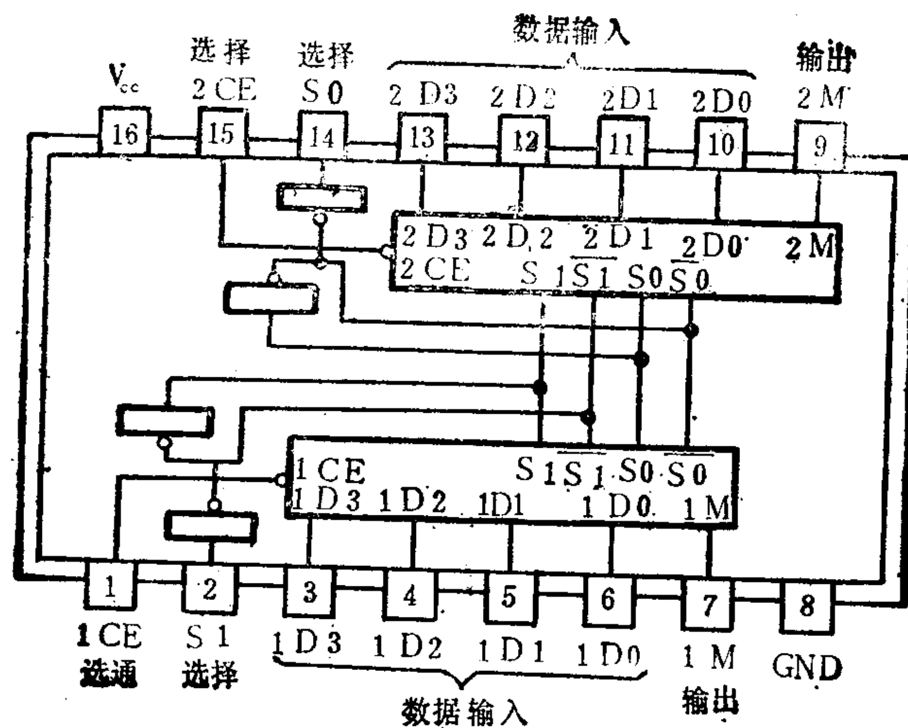


74151顶视图输出

功能表

输入端				输出端	
选择			选通	Y	M
S2	S1	S0	CE		
X	X	X	H	L	H
L	L	L	L	D0	$\overline{D0}$
L	L	H	L	D1	$\overline{D1}$
L	H	L	L	D2	$\overline{D2}$
L	H	H	L	D3	$\overline{D3}$
H	L	L	L	D4	$\overline{D4}$
H	L	H	L	D5	$\overline{D5}$
H	H	L	L	D6	$\overline{D6}$
H	H	H	L	D7	$\overline{D7}$

74153 双4选1数据选择器



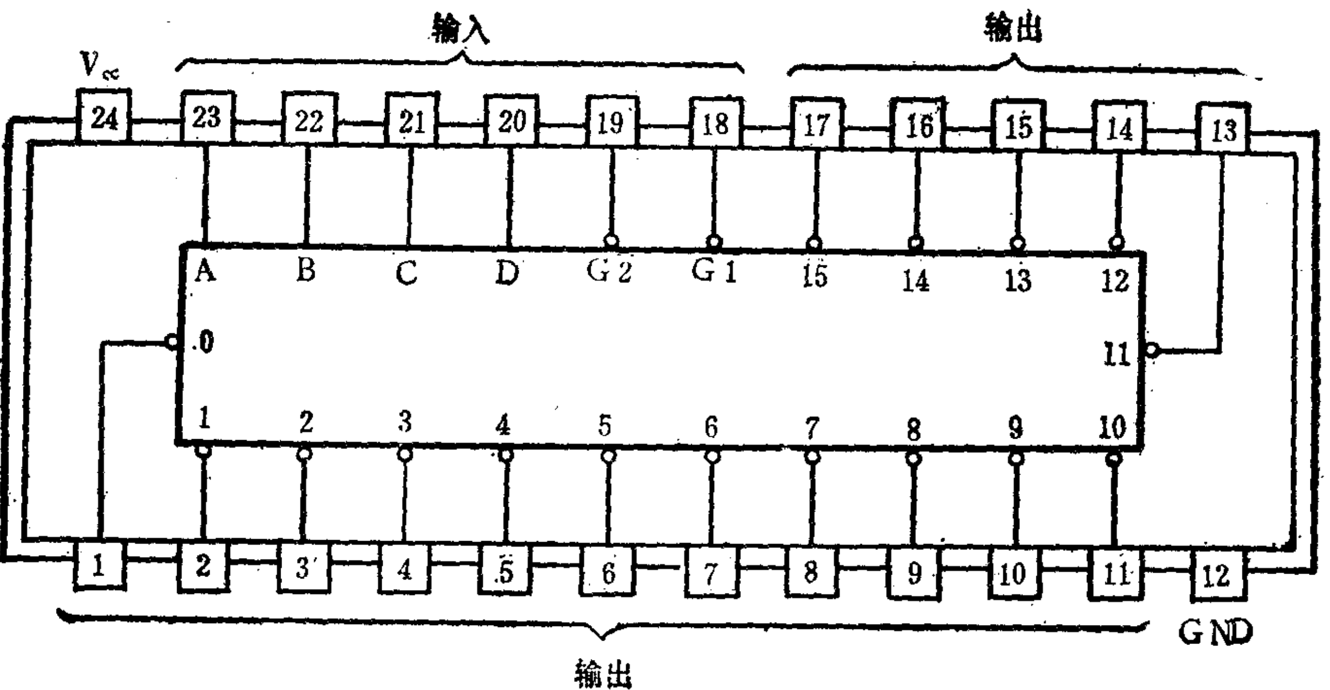
74153 顶视图

功能表

选择输入端		数据输入				选通	输出
S1	S0	D0	D1	D2	D3	CE	M
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	H	X	L	X	X	L	L
L	H	X	H	X	X	L	H
H	L	X	X	L	X	L	L
H	L	X	X	H	X	L	H
H	H	X	X	X	L	L	L
H	H	X	X	X	H	L	H

74154 4-16线译码器

在两个选通输入端G①和G②皆为低电平时，将4位二进制编码的输入译码成16个互斥的输出之一。数据分配功能的实现方法如下：用4个输入线对输出线寻址，从选通输入端之一输入数据，并置另一个选通输入端为低电平。当任一个选通输入端为高电平时，所有输出端皆为高电平。



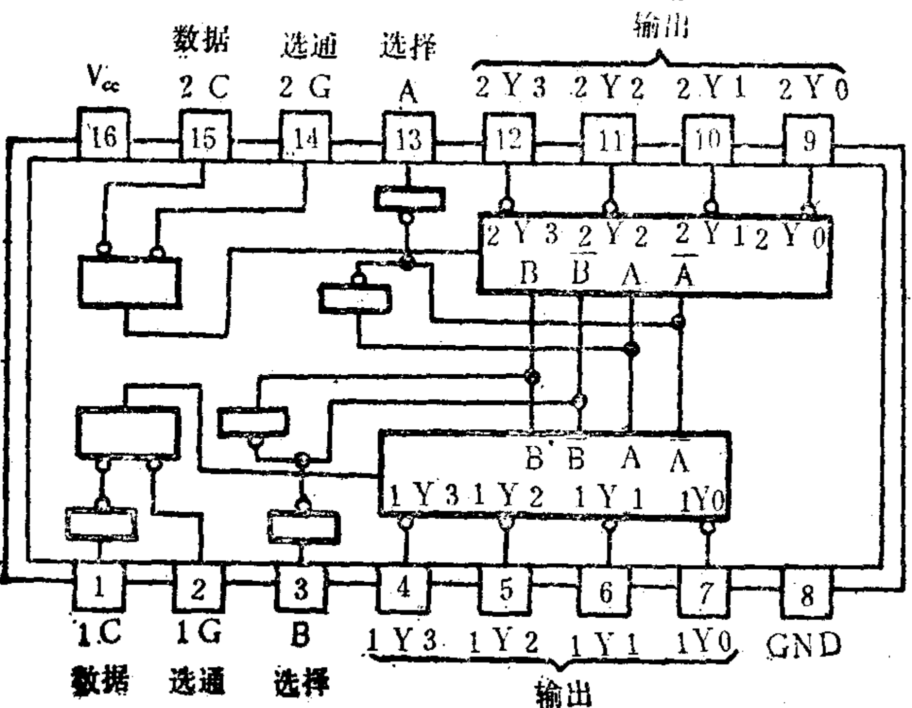
74154顶视图

功能表

输入端						输出端															
G1	G2	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

74155 双2-4线译码器/分配器

它包括两个具有独立选通输入端和公用的二进制地址输入端的1-4线数据分配器。当选通输入端使得两个数据分配器工作时，公用的二进制地址输入将选择和发送各自的输入数据到各个数据分配器的相应的输出端上。独立的选通输入端允许用户根据需要选择或禁止两个4位选择器中的一个。加在输入端1C上的数据反相后出现在它的输出端，而加在2C上的数据则不反相出现在它的输出端。



74155顶视图

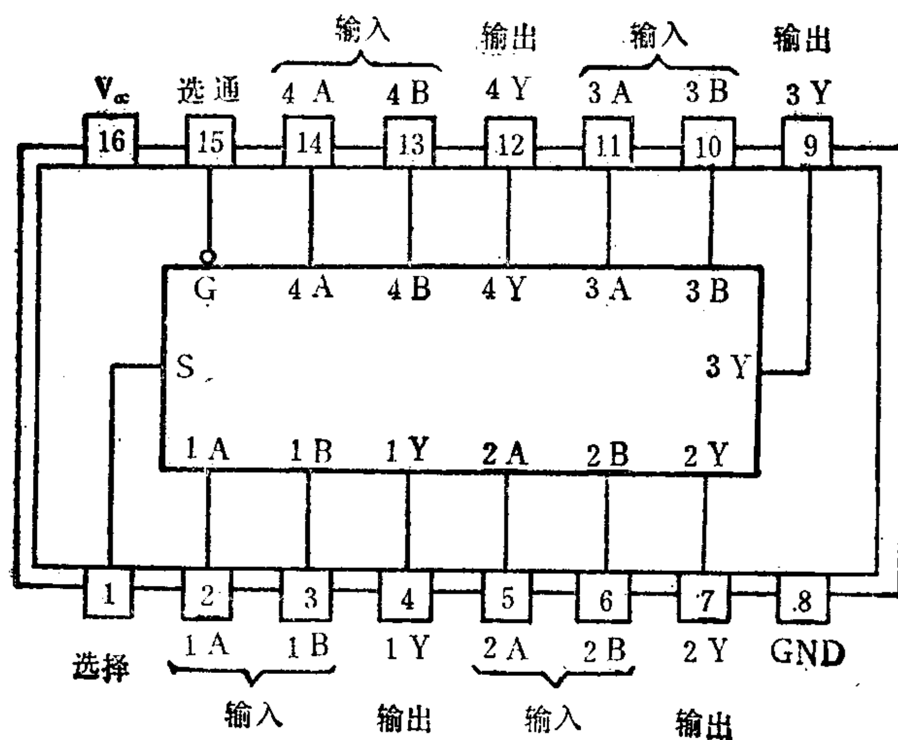
功能表

输入端			输出端			
选择	选通	数据				
B A	1G	1C	1Y0	1Y1	1Y2	1Y3
X X	H	X	H	H	H	H
L L	L	H	L	H	H	H
L H	L	H	H	L	H	H
H L	L	H	H	H	L	H
H H	L	H	H	H	H	L
X X	X	L	H	H	H	H

输入端			输出端			
选择	选通	数据				
B A	2G	2C	2Y0	2Y1	2Y2	2Y3
X X	H	X	H	H	H	H
L L	L	L	L	H	H	H
L H	L	L	H	L	H	H
H L	L	L	H	H	L	H
H H	L	L	H	H	H	L
L L	X	H	H	H	H	H

74157 四2选1数据选择器

设有一个独立的选择输入端，由两个数据源中的一个选取一个4位字，并将其发送到四个输出端。S处于低电平选择A输入端，S处于高电平选择B输入端。



74157顶视图

功能表

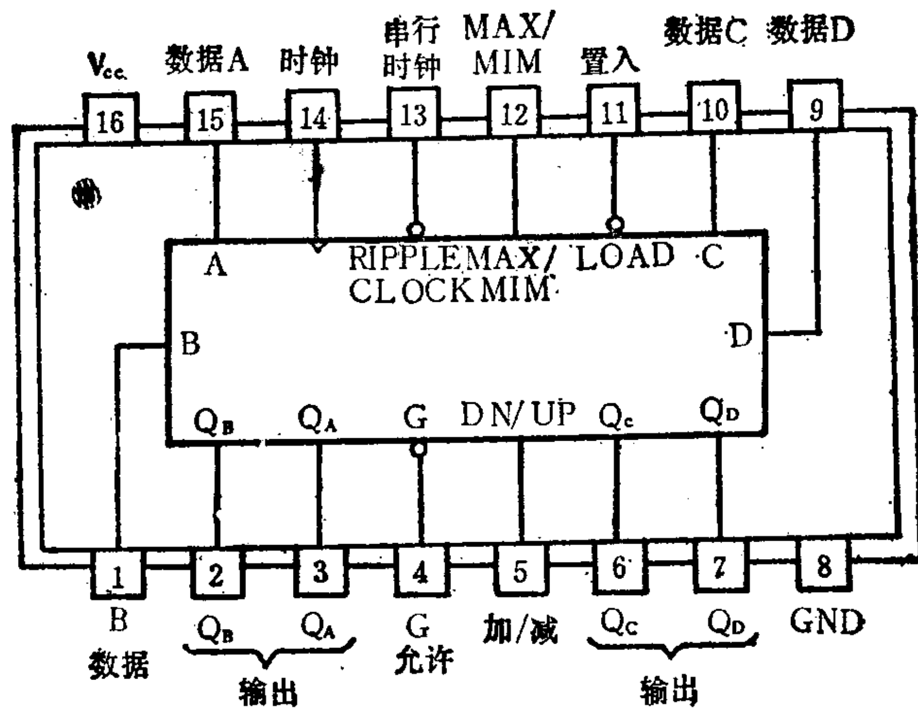
输入端				输出Y
选通	选择	A	B	
H	X	X	X	L
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H

74191 可预置二进制加/减计数器

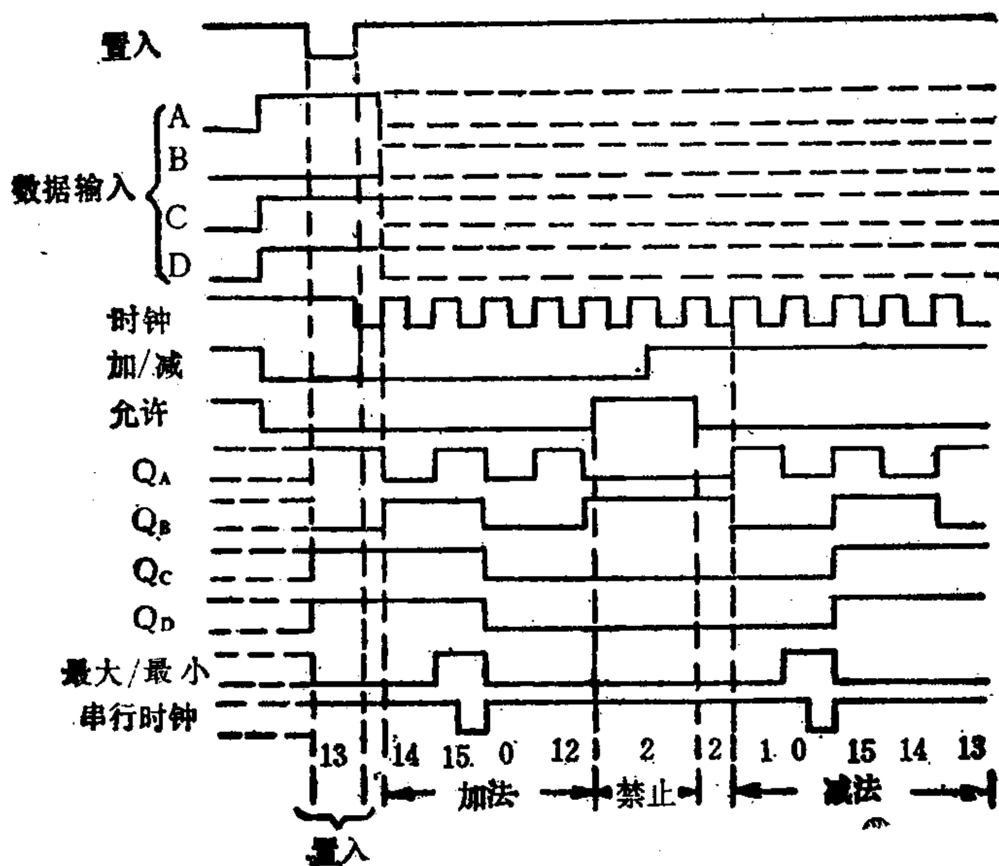
当允许输入端为低电平时，四个主从触发器的输出，在时钟正跳变来到时被触发。在允许端为高电平时计数被禁止。允许输入端的电平只能在时钟输入为高电平时变化，计数器的计数方向由加／减输入端的电平来控制。加／减输入端为低电平时，计数器进行加计数，为高电平时进行减计数。

计数器是可编程的，即在置入输入端加低电平，并在数据输入端送入所需的数据，输出端就可预置为所需的电平。输出变得与数据输入端一致，而与时钟输入的电平无关。有了这一特点，就能利用预置输入端来修改计数长度，计数器就可用作N模分频器。

串行时钟和最大／最小计数两个输出端可用来实现级联功能。当计数器产生上溢或下溢时，最大／最小计数输出端产生一个约等于时钟周期的高电平输出脉冲。当存在上溢或下溢时，串行时钟输出端产生一个宽度等于时钟输入低电平部分的低电平输出脉冲。此计数器很容易级联。若采用并行时钟控制，则只要将串行时钟输出接到后一级计数器的允许输入端；若采用并行允许控制，则只要将串行时钟输出接到后级时钟输入端。最大／最小计数输出端可用来完成高速计数的先行进位。



74191顶视图



典型置入、计数和禁止顺序

附录Ⅲ　缩写词

A

A antiballistic missile 攻击导弹
AC attack craft 攻击军舰
AC player A's craft 游戏者A飞机
ACFIG attack craft figure 攻击军舰图形
A/D analog to digital 模拟-数字
AFIG A figure A图形
AFIRE A fire A开火
AHEIGHT A height A高度
AHOR A horizontal A水平
ALAUNCH A launch A发射
ALL S DEAD all stormtroopers dead 全部突击队员击毙
AM player A's missile 游戏者A导弹
AMREST A's missile reset 游戏者A导弹复位
AMT A's missile flight time A导弹飞行时间
AMTIMER A's missile timer A导弹定时器
ARST A reset A复位
ASCORE A score A得分
AT attack torpedo 攻击鱼雷
ATF attack torpedo figure 攻击鱼雷图形
ATLAUNCH attack torpedo launch 攻击鱼雷发射
ATRIG A trigger A触发

ATRST attack torpedo reset 攻击鱼雷复位
AUDIO audio 音频
AVERT A vertical A垂直
AWIDTH A width A 宽度

B

B bad guy 敌人
BALL ball 球
BALLP ball P 发球
BBLANK B figure blank B图形消隐
BC player B's craft 游戏者B飞机
BCOUNT ball count 球计数
BE bottom edge 下边界
BEAM beam 光束
BFIG B figure B图形
BG ball on green 球在草地
BH bad guy horizontal position 敌人水平位置
BHINTP ball horizontal position initializing pulse 球水平位置初始化脉冲
BIMAGE B image B图象
BLANK blank 消隐
BLAUNCH B launch B发射
BM player B's missile 游戏者B导弹
BMFIG B's missile figure B导弹图形
BMRST B's missile reset B导弹复位
BO ball obstacle 球障碍
BOTTOM bottom 底；下边界
BOTTOM HIT bottom hit 碰底；碰下边界
BRST B reset B复位

BSCORE B score B得分
BT ball travel 球行程
BTRIG B trigger B触发
BUTTON button 按钮
BV bad guy vertical position 敌人垂直位置
BVINTP ball vertical position initializing pulse 球垂直位置初始化脉冲

C

CLK clock 时钟
CLR clear 清零
CLS clear score 清记分
CON contact 接触
COUNT count 计数
CV control voltage 控制电压
CVID composite video 复合视频信号

D

D data 数据
D/A digital to analog 数字-模拟
DESCENT descent 下降
DOWN down 向下
DINPUT data input 数据输入
DIR direction 方向
DT defense torpedo 防御鱼雷
DTRST defense torpedo reset 防御鱼雷复位

E

EDGE edge 边界

ENAB enable 启动；使能

END end 结束

F

FETCH NEW fetch new 换新

FIG figure 图形

FIRE fire 开火

FLASH START flash start 闪光启动

FLASH TIME flash time 闪光时间

G

G good guy 战士

GAME ENABLE game enable 游戏启动

GAME END game end 游戏结束

GAME START game start 游戏开始

GAME VID IN game video in 游戏图象输入

GAME VID OUT game video out 游戏图象输出

GBEAM good guy beam 战士光束

GFIG good guy figure 战士图形

GFP good guy fire pu/se 战士开火脉冲

GHIT good guy hit 战士击中

GH POSITION good guy horizontal position 战士水平位置

GMOTION good guy motion 战士运动

GPOSITION good guy position 战士位置

GREEN green 草地

GV POSITION good guy vertical position战士垂直位置

H

HBLANK horizontal blank 行消隐

HC horizontal control 水平控制

HCLK horizontal clock 行时钟

H-COUNT horizontal count 行计数信号

HIDE hide 隐藏

HINTP horizontal initializing pulse 水平初始化脉冲

HIT hit 碰撞；击中

HM horizontal motion count 水平运动计数信号

HML programmable horizontal motion reset 可编水平运动复位信号

HMRST horizontal motion reset 水平位置复位信号

HOLE hole 洞穴

HOLEFIG hole figure 洞穴图形

HP horizontal position 水平位置

HPP horizontal position programming 水平位置编程

HPRST horizontal position reset 水平位置复位

HRST horizontal reset 行复位

HSYNC horizontal-sync pulse 行同步脉冲

HTIME horizontal time 行定时信号

HTRIM horizontal trim 水平微调

I

IC integrated circuit 集成电路

IMAGE image 图象

INITIAL initial 初始化

INTC initializing control 初始化控制
INTP initializing pulse 初始化脉冲

J

J jamper wire 跨接线

L

LE left edge 左边界
LOAD load 置入；输入
LOAD H MOTION load horizontal motion 置入水平运动
LOAD H POSITION load horizontal position 置入水平位置
LOAD V MOTION load vertical motion 置入垂直运动
LOAD V POSITION load vertical position 置入垂直位置
LOCK lock 锁定
LOCK OUT lock out 锁定
LT left 左
LT los digital in the left-hand display 左十位数显示
LU units digital in the left-hand display 左个位数显示

M

M/M maxim/minim 最大/最小
MOD modulator 调制器
MOTION motion 运动

MOVE move 移动

MCLK motion clock 运动时钟

P

PADDLE paddle 球拍

PD position data 位置数据

PD programming data 编程数据

PHINT primary figure horizontal initial 主图形水平初始化

PHML primary figure programmable horizontal motion reset 主图形可编水平运动复位信号

PIN pin 引脚

PINTC primary figure initializing control 主图形初始化控制

PL paddle left 左球拍

PLAY play 游戏

POS position 位置

PR paddle right 右球拍

PVINT primary figure vertical initial 主图形垂直初始化

PVML primary figure programmable vertical motion reset 主图形可编垂直复位信号

R

RATE rate 速率

RATE ADJUST rate adjust 速率调节

RE right edge 右边界

R-S FLIP FLOP R-S flip flop R-S触发器

$\bar{R}$-$\bar{S}$ FLIP FLOP $\bar{R}$-$\bar{S}$ flip flop $\bar{R}$-$\bar{S}$触发器

RST reset 复位

RT right 右

RT 10s digit in the right-hand displaly 右十位数显示

R units digit in the right-hand displaly 右个位数显示

S

S stormtrooper 突击队员

SBEAM stormtrooper beam 突击队员光束

SCO score 记分

SEL select 选择

SFIRE stormtrooper fire 突击队员开火

SH stormtrooper horizontal position 突击队员水平位置

SHML secondary figure programmable horizon_tal reset 从属图形可编水平复位信号

SHOOT shoot 射击

SIDE side 边界

SINTC secondary figure initializing control 从属图形初始化控制

SLIPPING COUNTER slipping counter 滑动计数器

SPDT single pole double throw 单刀双掷开关

SPEED speed 速度

SKILL stormtrooper kill 突击队员击毙

SKILL MEMORY stormtrooper kill memory 突击队员被击存贮器

START start 启动；开始

STOP stop 停止

SV stormtrooper vertical position 突击队员垂直位置

SVML secondary figure programmale vertical motion reset 从属图形可编垂直运动复位信号

SWING swing 挥棒

SWITCH switch 开关

T

TARG targ 目标

TE top edge 上边界

TEE tee 发球

TIMAG targ image 目标图象

TIME DELY time dely 时延

TIMER timer 定时器

TONE tone 音调

TOP top 上边界；顶端

TOPHIT top hit 碰上边界；碰顶

TRAVEL travel 行程

TRIG trigger 触发

TV television 电视

U

UNBLANK unblank 不消隐

U/D up/down 上/下；加/减

UP up 向上

V

VBLANK vertical blank 场消隐

VC vertical control 垂直控制

V-COUNT V-count 场计数信号

VDIRECTION vertical direction 垂直方向

VELOCITY velocity 速度

VM vertical motion count 垂直运动计数信号

VML programmable vertical motion reset 可编垂直运动复位信号

VMRST vertical motion reset 垂直运动复位

VID video 视频信号；图象信号

VINTP vertical initializing pulse 垂直初始化脉冲

VP vertical position 垂直位置

VPRST vertical position reset 垂直位置复位

VRST vertical reset 场复位信号

VSYNC vertical-sync pulse 场同步信号

VTIME vertical time 场定时信号

VTRIM vertical trim 垂直微调

W

WEIGHT SCORE CIRCUIT weight score circuit 加权记分电路

WINDOW window 窗口

Document generated by Anna's Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):
{
"filename": "MTEwNjI4NzVf55S16KeG5ri45oiP5py655qE5Lia5L2Z5Yi25L2cLnppcA==",
"filename_decoded": "11062875_\u7535\u89c6\u6e38\u620f\u673a\u7684\u4e1a\u4f59\u5236\u4f5c.zip",
"filesize": 25589812,
"md5": "957e1612601c043456b5adddd0850c57",
"header_md5": "dd5a745814831f855ca6613221397cd8",
"sha1": "99dd783687e3b2a59af7c158a801bd1a0afa0876",
"sha256": "b964cf477779ce81da0528b933b7a1c7217ec807d65cf419e320b0a3709445da",
"crc32": 3195137349,
"zip_password": "",
"uncompressed_size": 26144972,
"pdg_dir_name": "",
"pdg_main_pages_found": 485,
"pdg_main_pages_max": 485,
"total_pages": 492,
"total_pixels": 1935217984,
"pdf_generation_missing_pages": false
}